

Исследование технологии реагентной обработки поверхностных природных вод смешанным минеральным коагулянтом

М.А. Сафронов

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Рассмотрены особенности реагентной обработки природной воды. Дана оценка эффективности применения минеральных коагулянтов, наиболее часто используемых в нашей стране при водоподготовке. Приведено описание методов рационального ввода реагентов в обрабатываемую воду. Предложен способ обработки воды, позволяющий использовать преимущества и минимизировать недостатки минеральных коагулянтов.

Ключевые слова: вода поверхностных источников, коагулянт, сернокислый алюминий, полиоксихлорид алюминия, концентрированное коагулирование.

Коагулянты применяются при водоподготовке для извлечения из обрабатываемой природной воды минеральных и органических примесей. Реагентная обработка воды коагулянтами в большинстве случаев используется в двухступенчатых схемах очистки с использованием различного рода сооружений и технологий обработки воды [1, 2]. Следует отметить, что, несмотря на быстро растущую популярность мембранных методов очистки природной воды, реагентные методы водоподготовки с использованием коагулянтов продолжают прочно удерживать свои позиции как одни из наиболее эффективных. Все дело в том, что дорогостоящая мембрана может быстро потерять свою пропускную способность и снизить производительность без предварительной коагуляционной обработки коллоидных примесей, содержащихся в воде, поступающей на обратно-осмотический фильтр, что неизбежно приведет к уменьшению экономического эффекта. В связи с этим коагулянты, включая и минеральные, остаются достаточно востребованными. Способствует этому также исследования по разработке и апробированию новых видов минеральных коагулянтов, а также методик их ввода в обрабатываемую воду [3, 4, 5].

На территории Российской Федерации минеральные коагулянты в настоящее время производят более 30 компаний. Для реагентной обработки воды забираемой из водоемов, являющихся притоками реки Волги, широко применяется сернокислый алюминий (СА). Данный коагулянт характеризуется тем, что может обеспечивать довольно стабильный уровень основных характеристик очищенной воды, являясь при этом относительно недорогим реагентом. Однако следует отметить, что СА имеет и ряд существенных недостатков. Во-первых, это понижение эффективности действия в случаях, когда по тем или иным причинам происходят колебания рН в обрабатываемой реагентом воде. Во-вторых, при сезонном падении температуры воды процесс хлопьеобразования происходит при значительно меньших скоростях. Ну и наконец, это превышение предельно-допустимых концентраций в уже очищенной воде по остаточному алюминию. Данное явление наблюдается во время паводка, когда для эффективной очистки воды требуются большие дозы СА [6].

Результаты экспериментальных исследований, а также сравнение технико-экономических показателей при использовании реагентной обработки воды с помощью ряда коагулянтов показали, что в качестве альтернативы для СА может быть использован другой минеральный коагулянт – полиоксихлорид алюминия (ПОХА), также выпускаемый в нашей стране, который показал себя достаточно эффективным [7]. Данный коагулянт обладает, в сравнении с СА, определенным набором преимуществ. Во-первых, ПОХА сохраняет свою эффективность при более широком диапазоне колебаний уровня рН очищаемой воды. Во-вторых, данный коагулянт сохраняет свою высокую эффективность при сезонном падении температуры воды в поверхностном источнике. В-третьих, в обработанной данным коагулянтом воде содержится гораздо меньшее количество остаточного алюминия. Связано это, прежде всего с тем, доза ПОХА,

необходимая для эффективной реагентной обработки воды существенно ниже, в сравнении с СА. Коагулянт ПОХА производят в следующих товарных формах. В виде раствора он выпускается под товарными марками «АКВА-АУРАТ™ 10», «АКВА-АУРАТ™ 14», а также «АКВА-АУРАТ™ 18». Также на российском рынке он встречается под товарной маркой «АКВА-АУРАТ™ 30», выпускаемой в виде кристаллического порошка.

Однако следует отметить, что широкое применение ПОХА для водоподготовки в нашей стране сдерживается его весьма высокой стоимостью, в 4-6 раз превышающую стоимость СА.

С целью максимально полного использования преимуществ коагулянтов СА и ПОХА возникает необходимость исследования возможности их совместного применения, которая позволила бы минимизировать недостатки и в полной мере использовать преимущества каждого из этих минеральных коагулянтов [8]. Для интенсификации процесса коагуляционной обработки природной воды и снижения требуемых доз коагулянта, необходимых для эффективного извлечения примесей, могут быть использованы различные технологии. Хорошо зарекомендовали себя безреагентные методы интенсификации коагулирования, не требующие больших затрат и сложного технологического оборудования. К этим методам можно отнести рациональные режимы ввода и перемешивания коагулянта, обработку воздухом, электрическим током и т.д. В работах [9, 10] были проведены лабораторные исследования, направленные на изучение технологии обработки воды коагулянтом СА. Добавление реагента в воду производилось по методу концентрированного коагулирования с использованием аэрации. Смешение воды с коагулянтом осуществлялось в вихревом смесительном устройстве (ВСУ). Полученные результаты свидетельствуют об эффективности данного способа реагентной обработки воды и обеспечении значительной экономии коагулянта. Интерес

представляет исследование данного способа коагулирования воды с использованием смеси коагулянтов СА и ПОХА. В работе [11] была экспериментально подтверждена целесообразность применения смешанного коагулянта в период паводка.

В рамках данной работы были проведены экспериментальные исследования технологии реагентной обработки воды смешанным раствором коагулянта (СА+ПОХА) в период паводка (апрель, май). Ввод реагентов осуществлялся с использованием способа концентрированного коагулирования. Также производилась аэрация воды. Интенсивное перемешивание полученной водовоздушной смеси осуществлялось в ВСУ. Схема обработки воды по предложенному способу коагулирования представлена на рис. 1.

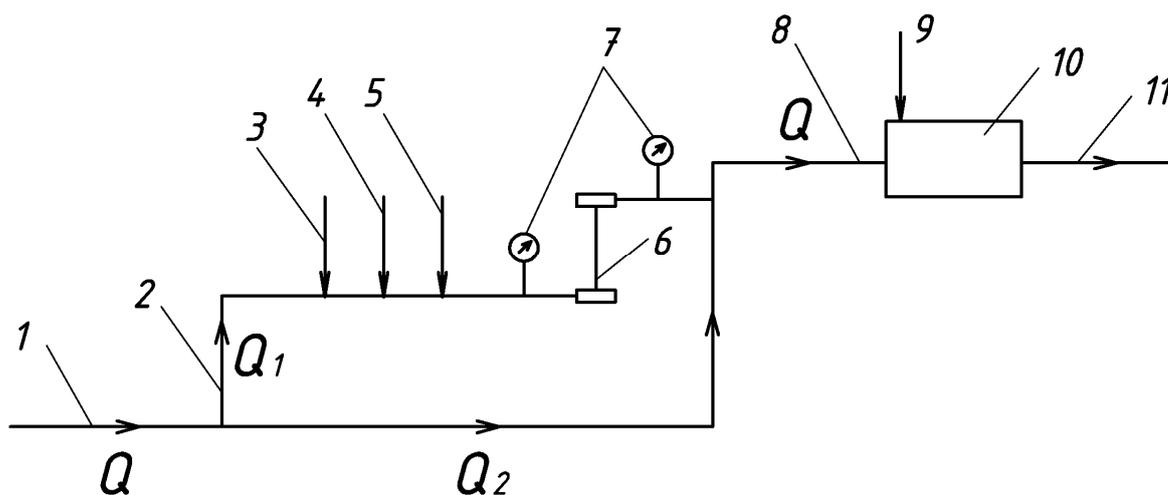


Рис. 1. Схема обработки исходной воды смешанным минеральным коагулянтом по предлагаемой технологии: 1 — трубопровод для подачи исходной воды; 2 — трубопровод для отвода части воды на реагентную обработку; 3 — трубопровод для подачи воздуха; 4 — подача коагулянта СА; 5 — подача коагулянта ПОХА; 6 — ВСУ; 7 — манометры; 8 — трубопровод общего потока; 9 — подача флокулянта ПАА; 10 — камера хлопьеобразования; 11 — отвод воды на последующую очистку

В ходе проведения исследований исходная вода Сурского водохранилища обрабатывалась по предложенному способу коагулирования,

а также традиционным способом, при котором в качестве коагулянта был использован только СА, вводимый в обрабатываемую воды обычным способом. Оптимальная доза коагулянта определялась путем проведения пробного коагулирования, которое производилось при поддержании температуры в обрабатываемой воде, соответствующей температуре в водоисточнике. Также вода обрабатывалась флокулянт ПАА, при этом доза флокулянта во всех пробах каждой из серии опытов была одной и той же. Анализы основных показателей обработанной воды были выполнены в лаборатории контроля качества с использованием стандартных методик. Исследовались, прежде всего, показатели воды, представляющие наибольшую значимость для оценки эффективности коагулянтов. К таким показателям относятся мутность (М), цветность (Ц), а также перманганатная окисляемость (ПО).

В таблице 1 представлены характеристики исходной воды по основным показателям. Следует отметить, что в период паводка исходная вода поверхностного источника имела максимальное значение мутности и цветности.

Таблица 1

месяц	Показатели исходной воды					
	М, мг/л		ПО, мгО ₂ /л		Ц, град	
	сред.	max.	сред.	max.	сред.	max.
Апрель	28,8	78,5	5,12	7,42	28	40
Май	44,2	92,4	5,36	7,88	31	40

В таблице 2 представлены результаты испытаний по коагуляционной обработке исходной воды коагулянтом СА традиционным способом. Показатели мутности, цветности и перманганатной окисляемости представлены средними, а также максимальными значениями для того или иного месяца.

Таблица 2

месяц	Хозяйственно – питьевая вода							
	Традиционная технология							
	D _к , мг/л		M, мг/л		ПО, мгО ₂ /л		Ц, град	
	сред.	max.	сред.	max.	сред.	max.	сред.	max.
Апрель	38,1	71,0	1,0	1,4	3,85	4,3	7	10
Май	58,1	86,0	1,0	1,3	3,78	4,18	8	10

В таблице 3 представлены результаты испытаний предлагаемой технологии коагуляционной обработки исходной воды смешанным минеральным коагулянтом, состоящим из СА (D₁) и ПОХА (D₂) предлагаем способом с использованием аэрации, концентрированного ввода коагулянта, а также интенсивного перемешивания в ВСУ.

Таблица 3

месяц	Хозяйственно – питьевая вода							
	Предлагаемая технология							
	D ₁ (D ₂), мг/л		M, мг/л		ПО, мгО ₂ /л		Ц, град	
	сред.	max.	сред.	max.	сред.	max.	сред.	max.
Апрель	23,1 (4,0)	42,1 (6,5)	1,0	1,33	3,71	4,3	9	12
Май	35,9 (5,2)	50,1 (8,0)	1,0	1,28	3,74	4,14	9	13

Результаты сравнительных испытаний свидетельствуют о том, что:

- обработка воды по предлагаемой технологии, с использованием безреагентных способов интенсификации процесса коагуляции позволяет снизить среднюю дозу коагулянта СА на 30% по сравнению с использованием традиционной технологии реагентной обработки природной воды;

- использование смешанного минерального коагулянта, состоящего из реагентов СА и ПОХА, в период паводка совместно с безреагентными способами интенсификации процесса коагуляции приводит к уменьшению среднего весового расхода коагулянта СА с 48 до 29,5 мг/л.

Литература

1. Бреус С.А., Скрябин А.Ю., Олейник Р.А. Очистка природной воды для питьевых целей в период чрезвычайных ситуаций: электрохимическое коагулирование и контактное фильтрование // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3881.

2. Бутко Д.А., Лысов В.А., Курьянов С.А., Кривошеев Б.А. Анализ работы скорых фильтров Александровского водопровода г. Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/985.

3. Flórez J.M.C. Water clarification using polymerized coagulants: aluminum hydroxychloride case // Dyna-Colombia. Sede Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2015. №9. pp. 18-27.

4. Hong Y., Xu H. Treatment of raw water with low turbidity and low temperature using different coagulants // Chinese Journal of Environmental Engineering. 2015. v. 9. № 9. pp. 4421-4426.

5. Гетманцев С.В., Сычев А.В., Гетманцев В.С. Перспективы коагуляционной обработки вод // Технологии очистки воды "Техновод-2017" Материалы X - Юбилейной Международной научно-практической конференции. Новочеркасск: ООО "Лик", 2017. С. 49-54.

6. Гетманцев С.В., Рученин А.А., Снигирев С.В., Чуриков Ф.И. Оценка эффективности применения различных типов коагулянтов для очистки волжской воды // Водоснабжение и санитарная техника. М.: ООО Издательство ВСТ. 2003. №9. С. 17-20.

7. Кантор Л.И., Киекбаев Р.И., Кантор Е.А., Харабрин А.В. Выбор типа коагулянта с учетом сезонных периодов // Водоснабжение и санитарная техника. М.: ООО Издательство ВСТ. 2006. №5. С. 33-40.

8. Круглов А.И., Гетманцев С.В., Сычев А.В. Перспективные методы очистки природных и сточных вод смешанными коагулянтами //

Водоснабжение и санитарная техника. М.: ООО Издательство ВСТ. 2006. №8. С. 33-38.

9. Лушкин И.А., Сафронов М.А., Кочергин А.С., Демков А.В. Очистка воды с применением способа концентрированного коагулирования // В сборнике: Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции. Тольятти: ТГУ, 2015. С. 133-137.

10. Чертес К.Л., Сафронов М.А., Лушкин И.А., Кочергин А.С., Титов Е.А. Коагуляционная обработка воды в присутствии диспергированных пузырьков воздуха // Водоочистка. Москва: Издательский дом "Панорама". 2015. №3. С. 26-33.

11. Гришин Б.М., Андреев С.Ю., Бикунова М.В., Сафронов М.А., Савицкий Е.А. Совершенствование методов коагуляционной обработки природных вод // Региональная архитектура и строительство. Пенза: ПГУАС. 2011. №1. С. 140-147.

References

1. Breus S.A., Skryabin A.Yu, Oleynik R.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3881.

2. Butko D.A., Lysov V.A., Kur'yanov S.A., Krivosheev B.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/985.

3. Flórez J.M.C. Dyna-Colombia. Sede Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2015. №9. pp. 18-27.

4. Hong Y., Xu H. Chinese Journal of Environmental Engineering. 2015. v. 9. № 9. pp. 4421-4426.

5. Getmantsev S.V., Sychev A.V., Getmantsev V.S. Tekhnologii ochistki vody "Tekhnovod-2017" Materialy X - Yubileynoy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Technologies of water purification "Technowod-2017")



Materials of the X-Anniversary International Scientific and Practical Conference).
Novocherkassk: OOO "Lik", 2017. pp. 49-54.

6. Getmantsev S.V., Ruchenin A.A., Snigirev S.V., Churikov F.I. Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. M.: OOO Izdatel'stvo VST. 2003. №9. pp. 17-20.

7. Kantor L.I., Kiekbaev R.I., Kantor E.A., Kharabrin A.V. Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. M.: OOO Izdatel'stvo VST. 2006. №5. pp. 33-40.

8. Kruglov A.I., Getmantsev S.V., Sychev A.V. Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. M.: OOO Izdatel'stvo VST. 2006. №8. pp. 33-38.

9. Lushkin I.A., Safronov M.A., Kochergin A.S., Demkov A.V. V sbornike: Gradostroitel'stvo, rekonstruktsiya i inzhenernoe obespechenie ustoychivogo razvitiya gorodov Povolzh'ya sbornik trudov IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (In the collection: urban planning, reconstruction and engineering for sustainable development of cities of the Volga region proceedings of the IV all-Russian scientific and practical conference). Tol'yatti: TGU, 2015. pp. 133-137.

10. Chertes K.L., Safronov M.A., Lushkin I.A., Kochergin A.S., Titov E.A. Vodoochistka. Moskva: Izdatel'skiy dom "Panorama". 2015. №3. pp. 26-33.

11. Grishin B.M., Andreev S.Yu., Bikunova M.V., Safronov M.A., Savitskiy E.A. Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo. Penza: PGUAS. 2011. №1. pp. 140-147.