

Оценка эффективности использования неорганических коагулянтов в процессах очистки поверхностных природных вод

М.А. Сафронов, Д.С. Жамков

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Выполнена оценка эффективности различных неорганических коагулянтов на основе алюминия и железа. На основании обзора литературных данных, а также проведения экспериментальных исследований, выявлены достоинства и недостатки ряда коагулянтов на основе алюминия и железа. Исходя из результатов оценки эффективности действия неорганических коагулянтов по мутности, цветности, остаточному алюминию, перманганатной окисляемости, даны рекомендации по их отдельному и совместному использованию.

Ключевые слова: коагулянт, алюминий, железо, мутность, цветность, перманганатная окисляемость, остаточный алюминий.

Неорганические коагулянты на основе алюминия и железа используются на водопроводных очистных сооружениях нашей страны для снижения мутности и цветности воды. Авторами данной статьи был выполнен сравнительный анализ эффективности применения алюмо- и железосодержащих коагулянтов для реагентной обработки воды поверхностного источника. На первоначальном этапе в качестве алюмосодержащего коагулянта использовался сернокислый алюминий (К1), пожалуй, наиболее распространенный реагент в населенных пунктах бассейна реки Волги. В качестве железосодержащего реагента оценивалась эффективность сульфата железа III (К2). Также была произведена оценка эффективности использования смешанного коагулянта на основе хлорида железа и сульфата алюминия в соотношении 1:1 (К3).

В рамках исследований было произведено два этапа опытов: в марте и апреле (паводок). Исходные данные при обработке воды коагулянтами представлены в таблице 1. Исходная вода смешивалась с коагулянтом в течении 120 с, затем отстаивалась 120 мин. Только после этого производился анализ проб. В апреле в обрабатываемую воду также добавлялся флокулянт – полиакриламид дозой 0,18 мг/л.

Таблица 1

Показатель	Март	Апрель (паводок)
Температура, °С	2	5
рН	7,5	7,6
Мутность, мг/л	0,92	31,3
Цветность, град	9	26
Содержание алюминия, мг/л	0,01	0,12
Содержания железа, мг/л	0,15	0,19
Доза К1	4	40
Доза К2	4	40
Доза К3	1,5	5,8

Результаты экспериментальных исследований воды представлены на рисунках 1,2.

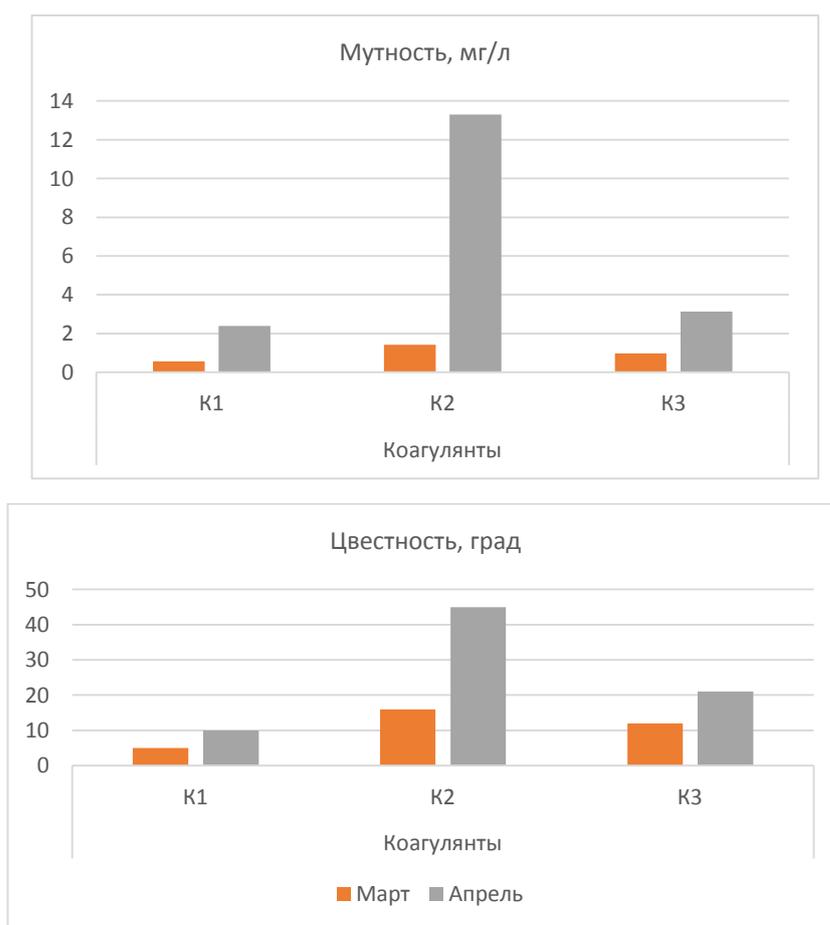


Рис. 1. Результаты экспериментальных исследований по мутности и цветности воды, обработанной коагулянтами

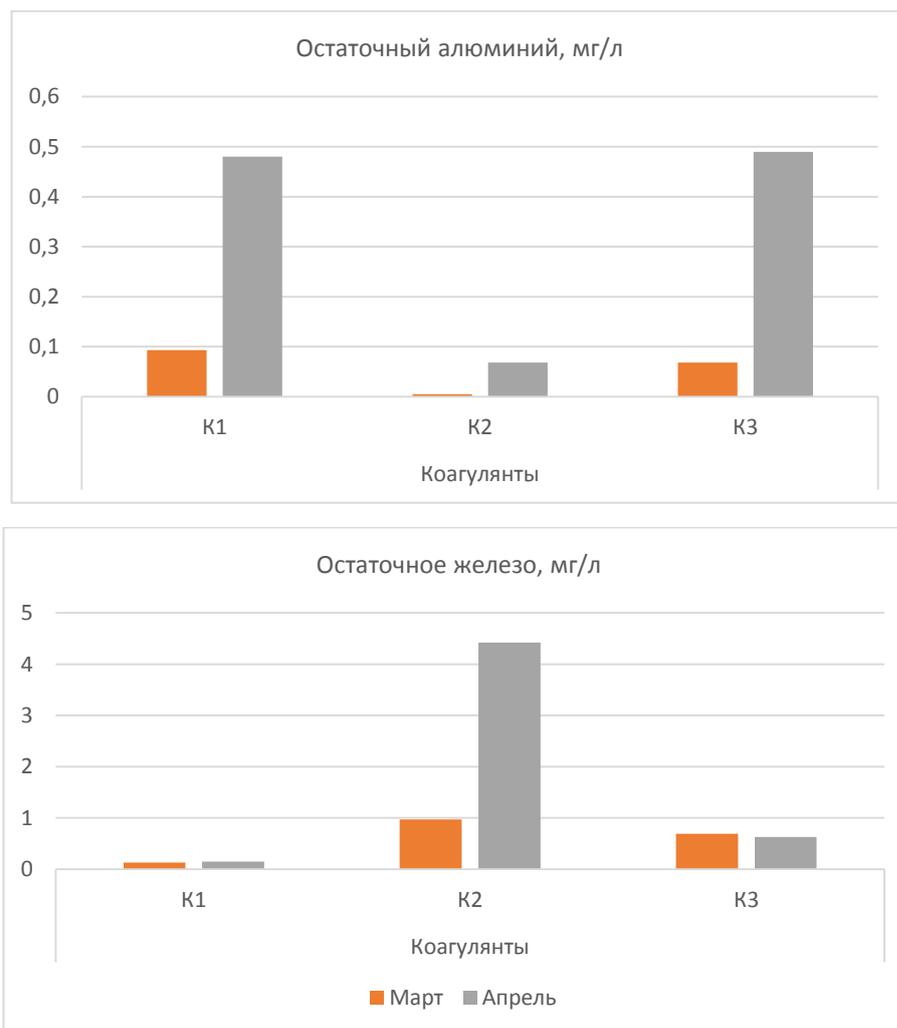


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований по содержанию остаточного алюминия и железа в воде, обработанной коагулянтами

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод о более высокой эффективности алюмосодержащего коагулянта в сравнении с железосодержащим, при использовании которого содержание остаточного железа в очищенной воде в 14 раз превышало предельно допустимое значение.

Железосодержащие коагулянты по сравнению с алюмосодержащими имеют следующие преимущества:

1. Более высокая эффективность очистки в холодные периоды года;
2. Большой диапазон значений водородного показателя обрабатываемой воды;

3. Существенно ускоряется процесс окисления органических веществ растительного происхождения, также после коагуляционной обработки практически отсутствует запах и привкус, наличие которых было связано с содержанием сероводорода в исходной воде.

К недостаткам железосодержащих коагулянтов можно отнести следующие явления:

1. При коагуляционной обработке образуются растворимые комплексы, характеризующиеся сильной окраской;

2. Возможность возникновения коррозии оборудования вследствие высокой кислотности коагулянта;

3. Поверхность образующихся хлопьев не такая развитая как при обработке другими неорганическими коагулянтами;

4. Замедление процесса хлопьеобразования вследствие наличия солей двухвалентного железа, что приводит к необходимости дополнительного введения хлора или извести. При содержании двухвалентного железа в смеси с трёхвалентным, в соотношении 1:1, скорость коагуляции может упасть более чем в два раза.

5. Ограниченный интервал водородного показателя исходной воды, при котором достигается максимальный эффект коагуляционной обработки, что приводит к необходимости подкисления или подщелачивания.

По мнению ряда исследователей, [1-3], перечисленные недостатки могут быть значительно снижены путем применения смеси двух коагулянтов на основе алюминия и железа. Соотношение реагентов может находиться в пределах один к одному или два к одному. При этом расчетные дозы могут быть введены в воду как по отдельности, так и вместе.

Взамен сернокислого алюминия на очистных станциях водопровода могут быть использованы оксихлорид и полиоксихлорид алюминия,

исследования по эффективности действия которых приведены в работах [4, 5].

На рис. 3 представлены графики, характеризующие изменение оптической плотности после коагуляционной обработки.

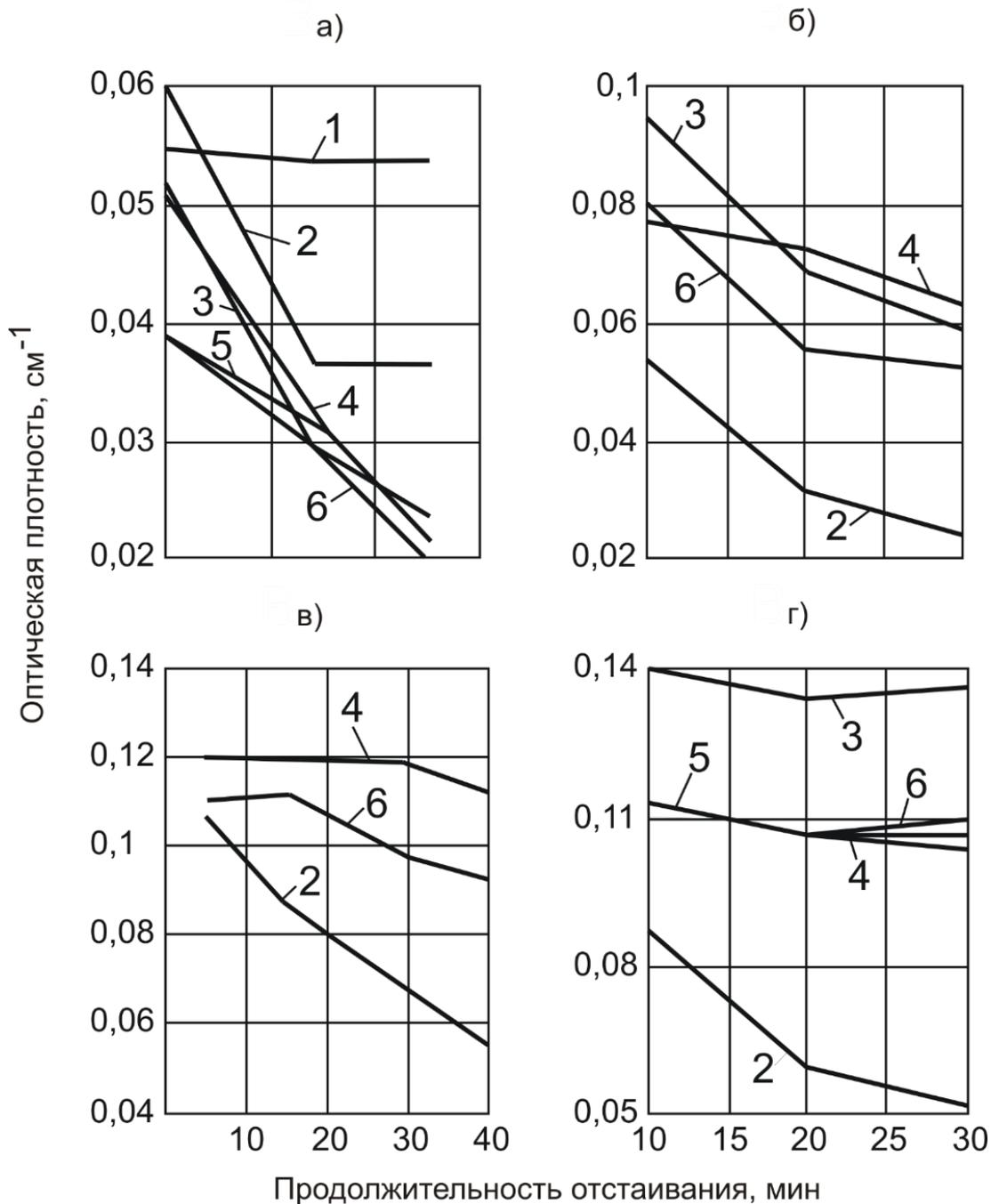


Рис. 3. Изменение оптической плотности воды при обработке различными неорганическими коагулянтами а – водохранилище на р. Кама

(лето); б – водоём в г. Ижевске (паводок); в – р. Волга (паводок); г – р. Волга (зима); 1 – РАХ; 2 – ОХА; 3 – AVR; 4 – КФ; 5 – ALG; 6 – СА

Сравнительные исследования неорганических коагулянтов, приведенные в работе [6] показали более высокую эффективность оксихлорида алюминия в сравнении с сульфатом алюминия при очистке поверхностной речной воды. Оценка качества очищенной воды по мутности, цветности, перманганатной окисляемости, а также концентрации остаточного алюминия позволяет сделать вывод о достижении такого же или лучшего эффекта очистки оксихлоридом алюминия при меньших дозах коагулянта (на 25-30%) в сравнении с сульфатом алюминия.

Также серьезным преимуществом оксихлорида алюминия является малый диапазон изменения водородного показателя и щелочности воды, существенное изменение которых при использовании сульфата алюминия приводит к возможной коррозии водопроводных трубопроводов. При снижении водородного показателя до 6,5 требуется обязательное введение подщелачивающих реагентов во избежание повышения коррозионной активности, что приводит к увеличению себестоимости очистки.

Невысокие значения водородного показателя обрабатываемой воды могут привести к образованию труднорастворимых соединений алюминия с органическими веществами.

По данным различных исследователей, диапазон значений водородного показателя, при котором происходит осаждение труднорастворимых продуктов гидролиза, находится в следующих пределах:

- начало осаждения: 3,3-4,0 (Ю.Ю. Лурье); 3,0 (И.И. Вадюхин); 3,9 (Н.И. Блок); 4,4 (И.И. Жуков); 2,5-3,0 (Л. Кертман); 4,5 (В.А. Клячко, И.Э. Апельцин);

- полное осаждение: 5,2 (Ю.Ю. Лурье); 7,0 (И.И. Вадюхин); 4,8 (Н.И. Блок); 6,0 (Л. Кертман); 5,5-7,0 (В.А. Клячко, И.Э. Апельцин);

- начало растворения: 7,8 (Ю.Ю. Лурье); 9,0 (И.И. Вадюхин); 7,8 (И.И. Жуков); 10,0 (Л. Кертман); 8,0 (В.А. Клячко, И.Э. Апельцин).

В исследованиях [7,8] отмечаются следующие преимущества оксихлорида, а также полиоксихлорида алюминия по сравнению с сульфатом алюминия:

1. Более эффективное снижение мутности и цветности очищенной воды;

2. Концентрация остаточного алюминия после обработки коагулянтом существенно ниже предельно-допустимых значений;

3. Более эффективное снижение перманганатной окисляемости, а, следовательно, и концентрации органических веществ (в среднем на 10-20%);

4. При очистке холодной воды (в холодное время года) время скрытой стадии коагуляции в 1,5-3 раза меньше;

5. Процесс отстаивания на сооружениях первой ступени проходит значительно более эффективно, что способствует снижению нагрузки на фильтры;

6. Время фильтроцикла на скорых фильтрах значительно возрастает после коагуляционной обработки воды;

7. После добавления коагулянта в воду водородный показатель практически не изменяется, что расширяет область применения коагулянтов относительно исходного значения водородного показателя воды;

8. Существенно меньшая вероятность коррозии трубопроводов после коагуляционной обработки.

Стоимость полиоксихлоридов алюминия в несколько раз выше, чем у сульфата алюминия. Возможность их совместного применения с целью достижения максимального эффекта очистки при невысоких затратах была

исследована в работах [9,10]. Совместное применение нескольких неорганических алюмосодержащих коагулянтов является перспективным направлением при условии нахождения оптимального соотношения реагентов, способов их ввода в обрабатываемую воду, а также использования перспективных технологий интенсификации коагуляционной обработки природной воды.

Литература

1. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. Киев, 1986. 352 с.
2. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. Москва: МГУ, 1996. 680 с.
3. Ramal M.M., Jalal A.D., Sahab M.F., Yaseen Z.M. River water turbidity removal using new natural coagulant aids: case study of euphrates river, Iraq // Water Science and Technology: Water Supply. 2022. Т. 22. № 3. pp. 2721-2737.
4. Gao B.Y., Yue Q.Y., Wang B.J., Chu Y.B. Poly-aluminum-silicate-chloride (PASIC) - A new type of composite inorganic polymer coagulant // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2003. V. 229. № 1-3. pp. 121-127.
5. Гришин Б.М., Бикунова М.В., Кошев А.Н., Шеин А.И. Эффективность коагуляционной обработки воды при безнапорном перемешивании пузырьками воздуха различной дисперсности // Региональная архитектура и строительство. 2020. №1. С. 162-168.
6. Драгинский В.А., Алексеева Л.П., Моисеев А.В. Повышение эффективности очистки воды на ЮВС г. Ярославля // Водоснабжение и санитарная техника. 2002. №5. С. 13-16.
7. Зеленин В.Е., Украинская Е.А., Юдина Е.А., Рохманова О.А. Применение оксихлоридов алюминия на Нерлинской водопроводной станции

г. Владимира // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. №10. Ч2. С. 28-32.

8. Храменков С.В., Коверга А.В., Благова О.Е. Использование современных коагулянтов и флокулянтов в системе Московского водопровода // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. №3. С. 5-7.

9. Сафронов М.А. Исследование технологии реагентной обработки поверхностных природных вод смешанным минеральным коагулянтном // Инженерный вестник Дона, 2019, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5522.

10. Гришин Б.М., Бикунова М.В., Кошев А.Н., Малютина Т.В. Очистка воды поверхностного источника с применением смесевых коагулянтов // Региональная архитектура и строительство. 2021. № 1 (46). С. 153-159.

References

1. Kulskiy L.A., Strokach P.P. Tekhnologiya ochistki prirodnykh vod [Natural water treatment technology]. Kiyev, 1986. 352 p.

2. Frog B.N., Levchenko A.P. Vodopodgotovka [Water treatment]. Moskva: MGU, 1996. 680 p.

3. Ramal M.M., Jalal A.D., Sahab M.F., Yaseen Z.M. Water Science and Technology: Water Supply. 2022. v. 22. № 3. pp. 2721-2737.

4. Gao B.Y., Yue Q.Y., Wang B.J., Chu Y.B. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2003. v. 229. № 1-3. pp. 121-127.

5. Grishin B.M., Bikunova M.V., Koshev A.N., Shein A.I. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo. 2020. №1. pp. 162-168.

6. Draginskiy V.A., Alekseyeva L.P., Moiseyev A.V. Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2002. №5. pp. 13-16.

7. Zelenin V.E., Ukrainskaya YE.A., Yudina YE.A., Rokhmanova O.A. Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2005. №10. v. 2. pp. 28-32.



8. Khramenkov S.V., Koverga A.V., Blagova O.E. Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2001. №3. pp. 5-7.
9. Safronov M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5522.
10. Grishin B.M., Bikunova M.V., Koshev A.N., Malyutina T.V. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo. 2021. № 1 (46). pp. 153-159.

Дата поступления: 31.12.2023

Дата публикации: 7.02.2024