

Научная статья
УДК 628.345.1

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ
СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА
В ПРОЦЕССЕ ВОДОПОДГОТОВКИ
АЛЮМОСОДЕРЖАЩИМИ КОАГУЛЯНТАМИ**

Анна Владимировна Фарленкова¹, Татьяна Анатольевна Мельник²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ a.v.shishkina@mail.ru

² melnikta@m.usfeu.ru

Аннотация. Проведено пробное коагулирование воды Волчихинского водохранилища сульфатом алюминия и полиоксихлоридом алюминия с целью сравнения эффективности снижения содержания общего органического углерода (ООУ). Отмечено, что сульфат алюминия эффективнее снижает концентрацию ООУ без потери качества по остальным показателям.

Ключевые слова: водоподготовка, общий органический углерод, алюмосодержащие коагулянты, эффективность

Original article

**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF CONTENT REDUCTION
OF TOTAL ORGANIC CARBON IN THE PROCESS WATER
TREATMENT WITH ALUMINUM-CONTAINING COAGULANTS**

Anna V. Farlenkova¹, Tatiyana A. Melnik²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ a.v.shishkina@mail.ru

² melnikta@m.usfeu.ru

Abstract. A trial coagulation of the water of the Volchikhinsky reservoir with aluminum sulfate and aluminum polyoxochloride was carried out in order to compare the effectiveness of reducing the content of total organic carbon (TOC). It is noted that aluminum sulfate more effectively reduces the concentration of TOC without loss of quality in other indicators.

Keywords: water treatment, total organic carbon, aluminum-containing coagulants, efficiency

Содержание органического углерода в природной воде оказывает прямое влияние на качество и безопасность питьевой воды, вследствие его способности вступать в химическое взаимодействие с хлорсодержащими обеззараживающими реагентами с образованием галогенированных органических соединений. Наибольшую опасность для здоровья человека представляют тригалометаны (хлороформ, бромформ, бромдихлорметан, хлордибромметан и др.), длительно персистирующие в окружающей среде и обладающие такими отдаленными эффектами, как канцерогенность, тератогенность, мутагенность [1].

Количество образующихся в воде хлорорганических соединений прямо пропорционально количеству введенного хлора и присутствующих в воде органических веществ [2]. Для снижения вероятности образования галогенированных органических соединений и предотвращения возникновения рисков для здоровья человека утвержден обобщенный показатель качества воды – общий органический углерод (ООУ) с предельно допустимой концентрацией 5 мг/дм³ [3].

Органическое вещество природных вод представлено соединениями различной степени дисперсности. Среди методов снижения содержания органических компонентов в воде, таких как окисление, адсорбция, мембранные технологии, хорошо зарекомендовал себя метод коагуляции.

В работе проведена оценка эффективности снижения показателя ООУ двумя коагулянтами: сульфатом алюминия (СА) и полиоксихлоридом алюминия (ПОХА).

Объектом исследования в работе выступала вода Волчихинского водохранилища, являющегося источником хозяйственно-питьевого водоснабжения Екатеринбурга. Среднегодовое значение ООУ в воде Волчихинского водохранилища составляет 7,1 мг/дм³ (табл. 1), однако возможны сезонные колебания показателя.

Таблица 1

Химический состав воды Волчихинского водохранилища

Наименование показателя	Среднегодовое значение
Цветность	21°
Мутность	5,80 мг/дм ³
рН	7,6 ед. рН
Щелочность	1,50 моль/дм ³
Железо	0,10 мг/дм ³
Алюминий	0,04 мг/дм ³
Марганец	0,08 мг/дм ³
Окисляемость	7,10 мгО ₂ /дм ³
ООУ	7,10 мг/дм ³

В исследуемую воду объемом 1 дм³ вносили заданные дозы растворов коагулянта (1 %-й раствор) и флокулянта (0,1 %-й раствор), после осуществляли перемешивание образцов на лабораторном флокуляторе. После 2 мин интенсивного перемешивания при 120 об/мин, переходили в режим хлопьеобразования на 30 мин (60 об/мин). Далее исследуемые растворы пропускали через предварительно промытую колонку, загруженную кварцевым песком (размер фракций – 0,8–2 мм; высота фильтрующего слоя – 20 см, диаметр колонки – 10 см) для отделения твердой фазы. Скорость фильтрации составляла 200 мл/мин. Количественная оценка показателей в образцах проводилась в соответствии с методиками государственных стандартов (ГОСТ 31868–2012, ГОСТ 18165–2014, ГОСТ 31958–2012, ПНД Ф 14.1:2:3:4.213-05, ПНД Ф 14.1:2:4.154-99).

Для сравнительного анализа взяты дозы коагулянтов, приближенные к реальным рабочим дозам станций водоподготовки, с шагом 1 мг/дм³.

Результаты лабораторных испытаний приведены в табл. 2–4.

Таблица 2

Результаты лабораторных исследований

Наименование коагулянта	Доза коагулянта по Al ₂ O ₃ , мг/дм ³	Доза флокулянта PR-650, мг/дм ³	Цветность, град	Мутность, мг/дм ³	Алюминий, (валовая форма) мг/дм ³	Окисляемость, мг/дм ³	ООУ		Визуальные наблюдения
							Концентрация, мг/дм ³	Эффективность снижения, %	
ПОХА	6	0,25	7	0,18	0,04	3,52	4,60	31	Хлопья крупные
	7	0,25	6	0,14	0,04	3,20	4,60	31	
	8	0,25	6	0,13	0,05	2,88	4,50	33	
СА	6	0,25	6	0,16	0,08	3,12	4,60	31	Хлопья очень крупные
	7	0,25	6	0,13	0,05	3,12	4,20	37	
	8	0,25	6	0,12	0,06	2,80	4,10	39	
Исходная вода <i>t</i> 15,1 °С			29	9,29	0,10	7,68	6,70	–	–

Как видно из данных табл. 2, с увеличением дозы реагентов степень снижения показателя ООУ растет.

В связи с тем, что сульфат алюминия имеет свойство снижать рН воды вследствие внесения в воду значительного количества сульфат-ионов [4], в последующих исследованиях осуществлен контроль значений рН среды.

По результатам проведенных исследований можно заключить, что концентрация ООУ в воде Волчихинского водохранилища в процессе коа-

гуляции реагентом СА снижается до нормативных значений. При использовании ПОХА содержание ООУ превысило ПДК единожды при значении показателя ООУ в исходной воде 8,8 мг/дм³.

Таблица 3

Результаты лабораторных исследований

Наименование коагулянта	Доза коагулянта по Al ₂ O ₃ , мг/дм ³	Доза флокулянта PR-650, мг/дм ³	Цветность, град	Мутность, мг/дм ³	Алюминий (валовая форма) мг/дм ³	Окисляемость, мг/дм ³	рН, ед. рН	ООУ		Визуальные наблюдения
								Концентрация, мг/дм ³	Эффективность снижения, %	
ПОХА	8	0,25	7	0,58	0,10	3,20	7,96	5,00	33	Хлопья крупные
	9	0,25	6	0,24	0,06	2,96	7,86	4,60	39	
СА	8	0,25	7	0,39	0,07	3,04	7,38	4,80	36	Хлопья крупные
	9	0,25	6	0,26	0,04	2,80	7,13	4,40	41	
Исходная вода <i>t</i> 16,5 °С			28	13,00	0,03	9,60	7,86	7,50	–	–

Таблица 4

Результаты лабораторных исследований

Наименование коагулянта	Доза коагулянта по Al ₂ O ₃ , мг/дм ³	Доза флокулянта PR-650, мг/дм ³	Цветность, град	Мутность, мг/дм ³	Алюминий (валовая форма) мг/дм ³	Окисляемость, мг/дм ³	рН, ед. рН	ООУ		Визуальные наблюдения
								Концентрация, мг/дм ³	Эффективность снижения, %	
ПОХА	9	0,25	7	0,32	0,07	3,36	7,72	5,10	42	Хлопья крупные
	10	0,25	8	0,35	0,04	3,44	7,88	5,00	43	
	11	0,25	8	0,35	0,04	3,20	7,98	4,90	44	
СА	9	0,25	7	0,36	0,04	3,20	7,60	4,90	44	Хлопья очень крупные
	10	0,25	7	0,34	0,02	2,96	7,35	4,60	48	
	11	0,25	6	0,33	0,01	2,72	7,23	4,40	50	
Исходная вода <i>t</i> 21 °С			35	16,99	0,03	8,80	7,98	8,80	–	–

Отмечено, что в исследуемом диапазоне доз реагентов СА понижает рН воды незначительно. Наименьшее значение рН после коагуляции, равное 7,13 ед. рН, зафиксировано при дозе 9 мг/дм³.

Наблюдается положительная корреляция между эффективностью очистки, дозой коагулянта и концентрацией ООУ в исходной воде (рис. 1, 2).

По результатам эксперимента рассчитана и приведена в табл. 5 средняя эффективность очистки по показателям: цветность, мутность, окисляемость, ООУ.

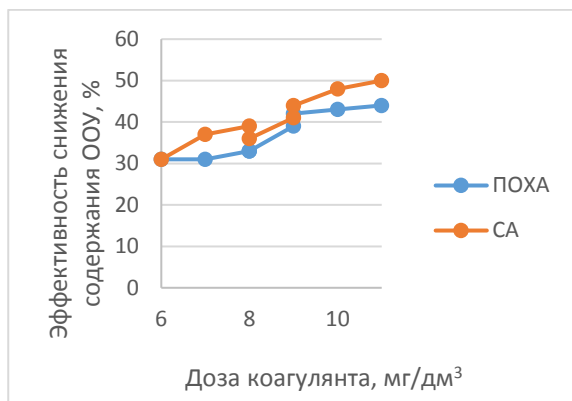


Рис. 1. Зависимость эффективности снижения содержания ООУ от дозы коагулянта

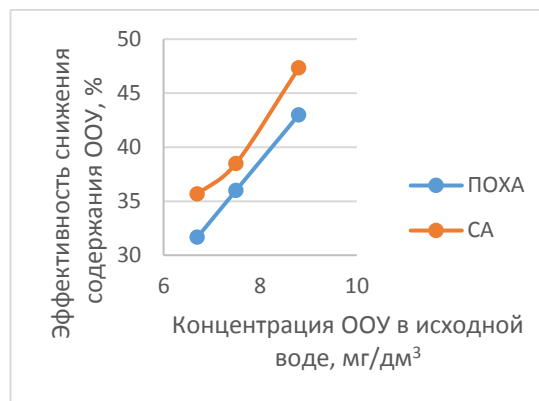


Рис. 2. Зависимость средней эффективности снижения содержания ООУ от концентрации ООУ в исходной воде

Таблица 5

Эффективность очистки воды Волчихинского водохранилища коагулянтами ПОХА, СА

Наименование коагулянта	Цветность, %	Мутность, %	Окисляемость, %	ООУ, %
ПОХА	78	98	62	37
СА	79	98	65	41

Проведенная сравнительная оценка эффективности снижения концентрации ООУ в процессе водоподготовки алюмосодержащими реагентами позволяет сделать вывод о более успешном использовании для коагуляции сульфата алюминия.

Список источников

1. Токсикологическая химия : учебник для вузов / Т. В. Плетенева, Е. М. Соломатин, А. В. Сыроешкин [и др.] ; под ред. Т. В. Плетеневой. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. 512 с.

2. Подходы к нормированию органического углерода и необходимость его обязательного контроля в питьевой воде / И. А. Хлыстов, Д. А. Щукина, Е. А. Кузьмина [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9. С. 61–66.

3. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 30 декабря 2022 г.) : постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 2 от 28 января 2021 г. // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lo2oefy0nz636628171> (дата обращения: 23.10.2023).

4. Гетманцев С. В., Нечаев И. А., Гандурина Л. В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. М. : Издательство АСВ, 2008. 272 с.