

Научная статья
УДК 628.345.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОАГУЛЯНТОВ И ФЛОКУЛЯНТОВ ПРИ СНИЖЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ

Татьяна Анатольевна Мельник¹, Алена Игоревна Харьковская²

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

¹ melnikta@m.usfeu.ru

² alenkaov30@gmail.com

Аннотация. Проведена реагентная обработка воды реки Чусовой коагулянтами и флокулянтами разных производителей с целью сравнения эффективности снижения содержания общего органического углерода (ООУ). Показана невысокая эффективность как алюмосодержащих коагулянтов, так и флокулянтов марки EcoPlus.

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

Для цитирования: Мельник Т. А., Харьковская А. И. Сравнительная оценка коагулянтов и флокулянтов при снижении содержания общего органического углерода в поверхностных водах // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-практической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 454–459.

Original article

COMPARATIVE EVALUATION OF COAGULANTS AND FLOCCULANTS WITH A DECREASE IN THE TOTAL ORGANIC CARBON CONTENT IN SURFACE WATERS

Tatyana A. Melnik¹, Alena I. Harkovskaya²

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

¹ melnikta@m.usfeu.ru

² alenkaov30@gmail.com

Abstract. Reagent treatment of the Chusovaya River water with coagulants and flocculants from different manufacturers was carried out in order to compare the effectiveness of reducing the total organic carbon (TOC) content. The low efficiency of both aluminum-containing coagulants and flocculants of the EcoPlus brand has been shown.

Keywords: water treatment, total organic carbon, coagulants, flocculants, efficiency

For citation: Melnik T. A., Harkovskaya A. I. (2025) Sravnitel'naya otsenka koagulyantov i flokulyantov pri snizhenii sodержaniya obshchego organicheskogo ugleroda v poverhnostnyh vodah [Comparative evaluation of coagulants and flocculants with a decrease in the total organic carbon content in surface waters]. *Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii* [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 454–459. (In Russ).

Контроль содержания общего органического углерода (ООУ) в процессе водоподготовки важен с позиции обеспечения безопасности питьевой воды, поскольку в процессе ее хлорирования существует вероятность образования токсичных хлорорганических соединений (хлороформ, дихлорбромметан, хлордибромметан и др.), обладающих высокой степенью стойкости. Наиболее интенсивный процесс образования хлорорганических соединений наблюдается на стадии прехлорирования воды, при этом потенциал образования побочных продуктов дезинфекции зависит от множества факторов, в том числе от количества органических компонентов, дозы хлорсодержащего агента, pH среды и температуры [1].

С целью достижения гигиенических нормативных требований СанПин 2.1.3685-21 по общему органическому углероду станции водоподготовки ведут поиск наилучшей доступной в условиях ограниченного финансирования технологии снижения данного показателя.

На фильтровальной станции питьевого водоснабжения «Маяк» г. Полевского технологический процесс водоподготовки предполагает преаммонизацию $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, прехлорирование газообразным хлором, подщелачивание Na_2CO_3 , коагулирование $\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}$, флокулирование «EcoPlus 405A», стабилизационную обработку, осветление (осветлители со взвешенным слоем осадка, скорые двухслойные фильтры) и постхлорирование.

Вода на хозяйственно-питьевые нужды г. Полевского подается от водозаборных сооружений, расположенных на р. Чусовой.

В табл. 1 представлен химический состав воды р. Чусовой. Поскольку состав природной воды подвержен сезонным колебаниям, все исследования

в данной работе проведены на образцах, отобранных из поверхностного источника в весенний период. Как правило, наибольшее изменение количественного состава воды наблюдается в апреле.

Таблица 1

Химический состав воды реки Чусовой

Наименование показателя	Среднегодовое значение
Цветность	7,5...108,0
рН	6,9...8,1 ед. рН
Железо общее	0,37...4,60 мг/дм ³
Перманганатная окисляемость	1,5...19,0 мгО ₂ /дм ³
ООУ	17,0 мгО ₂ /дм ³

Методом пробного коагулирования проведена оценка эффективности использования алюмосодержащих коагулянтов различных производителей для снижения содержания общего органического углерода в воде. В качестве исследуемых реагентов выбраны оксихлорид алюминия «Бопак-А» (производитель АО «Реагенты Водоканала», г. Екатеринбург) и сульфат алюминия технический очищенный (производитель ООО «Сибресурс» г. Новосибирск).

В исследуемую воду объемом 1000 см³ вносили рабочую дозу 10 %-го раствора коагулянта, после чего перемешивали образцы на лабораторном флокуляторе при 140 об/мин в течение 4 мин для образования микрохлопьев скоагулированных примесей [2]. Далее вводили 0,5 см³ 0,1 %-го раствора флокулянта и обеспечивали процесс хлопьеобразования перемешиванием в течение 5 мин при 40 об/мин. Реагентная обработка воды проводилась при температуре воды 4,7 °С. После отделения частиц твердой фазы отстаиванием в течение 30 мин осветленную часть исследуемой пробы отфильтровывали через бумажный фильтр «синяя лента». Количественная оценка показателей в образцах проводилась в соответствии с методиками государственных стандартов (ГОСТ 31868–2012 метод Б; ГОСТ 31958–2012 метод 2; ГОСТ 31951–2012 метод 1; ПНД Ф 14.1:2:3:4.213-05; ПНД Ф 14.1:2:4.121-97; ПНД Ф 14.1:2:4.50–2023).

Как видно из данных табл. 2, наибольшая степень снижения ООУ 22 % достигнута при использовании коагулянта марки Бопак-А. Однако исследуемые алюмосодержащие коагулянты не обеспечивают нормативный показатель 5 мг/дм³ [3].

Таблица 2

Результаты пробной коагуляции

Наименование коагулянта	Доза коагулянта, см ³	Хлороформ, мг/дм ³	Цветность, градус	Окисляемость, мг/дм ³	Общее железо, мг/дм ³	ООУ, мг/дм ³	рН, ед. рН
Al ₂ (SO ₄) ₃	4,6	0,042	12,3	7,3	< 0,10	18	6,9
	6,0	0,040	11,4	7,2	< 0,10	17	6,9
Оксихлорид алюминия (Бопак-А)	5,0	0,039	11,6	6,6	< 0,10	15	7,0
	7,0	0,038	10,3	6,6	< 0,10	14	7,0

В продолжение исследований изучена возможность использования флокулянтов (г. Ростов-на-Дону) для уменьшения содержания общего органического углерода в воде.

В исследуемую воду объемом 1000 см³ после первичного хлорирования вносили рабочую дозу флокулянта, интенсивно перемешивали при 140 об/мин в течение 4 мин и медленно, при 40 об/мин – в период хлопьеобразования. Пробная флокуляция проводилась при температуре воды 5 °С. После отстаивания образующихся нерастворимых примесей в течение 30 мин, отбора осветленной части пробы для проведения анализов и ее фильтрования через бумажный фильтр «синяя лента», проводили количественную оценку показателей воды.

Отмечено, что степень снижения ООУ с помощью флокулянтов не превышают 18 % (табл. 3). Показатель рН при этом незначительно растет, максимальное значение зафиксировано для реагентов EcoPlus 530В и EcoPlus 540С.

Таблица 3

Результаты пробной флокуляции

Наименование коагулянта	Доза коагулянта, см ³	Хлороформ, мг/дм ³	Цветность, градус	Окисляемость, мг/дм ³	Общее железо, мг/дм ³	ООУ, мг/дм ³	рН, ед. рН
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
EcoPlus 330В	0,40	0,053	12,8	6,8	0,15	17	7,2
	0,55	0,055	16,0	7,3	0,19	15	7,0
EcoPlus 405А	0,40	0,048	9,4	10,2	< 0,10	16	7,2
	0,55	0,048	11,5	10,5	< 0,10	16	7,3
EcoPlus 405В	0,40	0,053	11,4	6,6	0,13	14	7,1
	0,55	0,054	14,3	7,0	0,15	15	7,0
EcoPlus 410А	0,40	0,050	10,2	11,3	< 0,10	14	6,7
	0,55	0,045	7,8	9,8	< 0,10	15	6,5

Окончание табл. 3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
EcoPlus 530B	0,40	0,055	13,2	14	< 0,10	14	7,6
	0,55	0,055	12,3	14	< 0,10	15	7,6
EcoPlus 540C	0,40	0,055	13,2	14	< 0,10	14	7,6
	0,55	0,053	11,2	15	< 0,10	16	7,7

Таким образом, для получения воды высокого качества вероятно необходима совместная обработка поверхностной воды алюмосодержащим коагулянтом и флокулянтом при контроле рН-среды.

Список источников

1. 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.

2. Фарленкова А. В., Мельник Т. А. Оценка эффективности снижения содержания общего органического углерода в процессе водоподготовки алюмосодержащими коагулянтами // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. С. 649–653.

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 года) : постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации №2 от 28 января 2021 года // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lo2oefy0nz636628171> (дата обращения: 19.10.2024).

References

1. Approaches to the rationing of organic carbon and the need for its mandatory control in drinking water / I. A. Khlystov, D. A. Shchukina, E. A. Kuzmina [et al.] // Public health and habitat. 2020. № 9. P. 61–66.

2. Farlenkova A. V., Melnik T.A. Evaluation of the effectiveness of reducing the total organic carbon content in the process of water treatment with aluminum-containing coagulants. Scientific creativity of youth – the forest complex of Russia: proceedings of the XX All-Russian (national) Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2024. P. 649–653.

3. On approval of sanitary rules and norms of SanRN 1.2 .3685-21 «Hygienic standards and requirements for ensuring safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans» (as amended on December 30, 2022) : Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 2 dated January 28, 2021 // Electronic Fund of Legal and Regulatory Documents. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lo2oefy0nz636628171> (accessed: 19.10.2024).