

Душкин С.С., Душкин С.С.*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова
(ул. Маршала Бажанова, 17, Харьков, 61000, Украина; e-mail: d.akass@ukr.net)***ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОЗОНИРОВАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ
РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ**

Рассмотрено влияние предварительного озонирования на процессы реагентной обработки воды р. Северский Донец. Установлено, что предварительное озонирование воды р. Северский Донец позволяет интенсифицировать процессы осветления воды, снизить содержание взвешенных веществ и цветность осветленной воды, уменьшить расход коагулянта в среднем на 40%.

Ключевые слова: очистка, обеззараживание, озонирование, сульфат алюминия, очистные сооружения.

Постановка проблемы. Обеззараживание воды в процессе водоподготовки для хозяйственно-питьевых целей производят с целью уничтожения возможных патогенных бактерий и вирусов на конечной стадии обработки и улучшения санитарного состояния сооружений на предварительном этапе очистки [1]. Рациональный выбор метода обеззараживания питьевой воды должен производиться с учетом качества воды в источнике водоснабжения, схемы и производительности станции водоподготовки, состояния водоводов и распределительной сети.

Распространение получили реагентные (хлорреагенты) и безреагентные методы (электрохимические, бактерицидные лучи, ультразвук и др.) [2].

Процесс обеззараживания воды хлором определяют образующиеся при растворении в ней хлора хлорноватистая кислота $HOCl$ (сильный окислитель) и гипохлорит ион ClO^- (более слабый окислитель). Их наличие рассматривают как присутствие в виде свободного активного хлора.

Бактерицидный эффект хлора в значительной степени зависит от начальной дозы хлора и продолжительности его контакта с водой. Степень загрязненности воды органическими веществами характеризуется хлоропоглощаемостью воды.

На сооружениях водоподготовки хлор для обеззараживания применяют в виде Cl_2 , хлорреагентов – растворов товарных гипохлорита натрия и кальция, гипохлорита натрия, получаемого электролитическим способом из поваренной соли на

месте, хлорной извести, хлораминов, хлора, полученного из минерализованной артезианской воды методом прямого электролиза [3]. Эффективным дезинфицирующим средством является диоксид хлора (ClO_2), обладающий следующими преимуществами перед хлором:

- более высокий бактерицидный и вирулицидный эффект;
- отсутствие в продуктах обработки хлорорганических соединений;
- высокая степень окисления (до образования CO_2);
- отсутствие необходимости перевозки на большие расстояния, поскольку изготовление производят на месте.

Диоксид хлора обладает более длительным во времени бактерицидным действием (9-20 сут.) чем хлор, независящим от температуры, pH, органических веществ, включая гуминовые вещества, и аммонийный азот в воде [4].

Метод озонирования, в отличие от хлорирования, технически более сложный и для его реализации необходимо выполнение ряда исследований и технико-экономических расчетов, подтверждающих эффективность использования озона в практике очистки воды.

Товарный гипохлорит натрия ($NaOCl$) нашел применение на водопроводных станциях любой производительности как более активный, чем хлор в отношении вирусов дезинфектант [5].

При обработке воды гипохлоритом натрия происходит окисление веществ, входящих в состав протоплазмы клеток

бактерий, что вызывает их гибель. Однако лишь незначительная часть вводимого в воду хлора используется для разрушения бактериальных клеток. Основное его количество расходуется на взаимодействие с органическими и неорганическими веществами, присутствующими в воде. Поэтому для экономии гипохлорита (в 4-5 раз) рекомендуется вводить его для обеззараживания воды лишь в фильтрованную воду, то есть в резервуары чистой воды (РЧВ).

На основании анализа исследований и публикаций можно сделать вывод о создании новой гибкой технологии водообработки, которая обеспечивает надежную очистку воды для питьевых целей. Благодаря высокой окислительной способности, озон успешно применяется для удаления из природных вод многих примесей, что способствует одновременно обеззараживанию, обесцвечению и улучшению вкусовых качеств питьевой воды.

Озонирование не только обеспечивает быстрое и надежное обеззараживание, но вызывает также очень значительные улучшения органолептических свойств воды. В результате обработки воды озоном устраняются цветность, привкусы и запахи в воде. Кроме того, при обработке воды озоном заметно растет содержание в воде растворенного кислорода, который возвращает очищенной воде свойства, которые характеризуют воды чистых естественных источников.

С санитарно-экологической точки зрения целесообразно для обеззараживания питьевой воды использовать озонирование, которое позволяет произвести не только обеззараживание, но и улучшить качество осветленной воды [6].

Формулировка цели статьи. В данной работе исследовано влияние последовательного озонирования воды р. Северский Донец, что позволит упростить технологию очистки воды, исключить некоторые стадии обработки и этим самым сократить расход реагентов, повысить качество очистки воды и ее экологическую безопасность, и в конечном итоге снизить себесто-

имость очистки воды, которая является одним из главных источников водоснабжения северо-востока и востока Украины.

Анализ последних исследований и публикаций. Одним из наиболее распространенных методов обеззараживания природных вод являются реагентные методы (хлорагенты, озонирование и др.) [7]. Безреагентные методы (ультразвуковыми лучами и др.) [8] не нашли широкого применения и требуют в ряде случаев опытно-промышленную проверку.

Также перспективным методом обеззараживания водно-дисперсных систем является Электрохимическая активация (ЭХА) водных растворов, что позволяет значительно уменьшить затраты на реагенты, электроэнергию, что позволяет снизить стоимость процессов очистки. Однако, на данный момент не до конца изучены примеры внедрения данной технологии на станциях большой производительности [9].

При обработке воды хлорактивными соединениями были выявлены и выделены продукты реакции, которые владеют высокой генотоксичностью: тригалогенметаны, хлорфенолы, бромформы и др., которые проявляют канцерогенные свойства и поэтому рассматриваются, как опасные для здоровья человека. Поэтому в последние годы все чаще поднимается вопрос о необходимости полного или же частичного отказа от хлорирования на стадиях водоподготовки.

Озон благодаря своей высокой окислительной способности оказывает большое воздействие на обрабатываемую воду. Озонирование не только обеспечивает быстрое и надежное обеззараживание, но вызывает также весьма значительные улучшения органолептических свойств воды. В результате обработки воды озоном устраняются цветность, привкусы и запахи в воде. Кроме того, при обработке воды озоном заметно возрастает содержание в воде растворенного кислорода, который возвращает очищенной воде свойства, характеризующие воды чистых природных источников [10].

На основании анализа исследований и публикаций установлено, что эффективность озонирования воды зависит от качественных показателей осветляемой воды и оказывает влияние на следующие факторы:

1. Снижение цветности;
2. Дезодорация запахов и привкусов;
3. Обеззараживание.

Последнее обуславливает необходимость проведения лабораторно-технологических исследований по выбору оптимальных режимов озонирования при обосновании технологической схемы очистки воды.

Изложение основного материала.

Вода реки Северский Донец значительную часть года обладает запахами и привкусами болотно-землистого характера, свойственного поверхностным источникам. Интенсивность этих запахов при температуре 20°C не превышает порога осязаемости «три». Однако, летом в период развития фитопланктона, а затем в осенне-зимний период при его отмирании в воде канала появляются гнилостно-рыбные привкусы и запахи интенсивностью до «пяти». Появление этих привкусов и запахов в воде связано с прижизненным выделением клетками водорослей эфирных масел.

Таблица 2 – Эффективность озонирования на процесс очистки воды р. Северский Донец

Качественные показатели воды		Дозы реагентов			Качество очистки воды		
Взвешенные вещества, мг/дм ³	Цветность, град.	Коагулянт сульфата алюминия, мг/дм ³	Озон, мг/дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Цветность, град.	Остаточный алюминий, мг/дм ³	
Зимний период							
11,5	35	25	0	1,6	17	0,35	
11,5	35	20	1,5	1,1	15	0,15	
Период весеннего паводка							
13,4	52	33	0	1,8	20	0,40	
13,4	52	22	2,0	1,5	18	0,25	

Установлено, что в некоторых случаях, наряду с указанными преимуществами на различных этапах очистки воды р. Северский Донец, проявляется специфический характер действия озона. Это выражается в ухудшении процессов хлопьеобразования и осветления воды при коагулировании. Причем увеличение дозы озона приводит к повышению мутности и концентрации остаточного алюминия.

Исследования выполнены на воде р. Северский Донец в зимний период и в период весеннего паводка, когда процессы очистки воды протекают со значительными трудностями. Качественная характеристика осветляемой воды приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Качественная характеристика исследованного источника водоснабжения

Параметры воды канала Сев. Донец – Донбасс	Период исследования	
	Зимний	Весенний
Температура, °С	0,4–0,6	6,5–8,4
Взвешенные вещества, мг/дм ³	10,2–12,5	12,1–14,2
Цветность, град	30–42	46–55
pH	8,1–8,2	8,0–8,1
Общая жесткость, моль/дм ³	4,5–4,9	3,5–3,8
Щелочность, моль/дм ³	2,6–2,8	1,7–2,1

Основные методологические аспекты проведенных исследований изложены в работах [12-13].

Эффективность озонирования на процесс очистки воды р. Северский Донец приведена в табл. 2.

В определенных условиях при озонировании воды действует механизм дестабилизации взвешенных частиц в системе, содержащей органические вещества. Он определяется структурой этих веществ. Можно предположить, что если озонирование способствует повышению эффективности коагуляционной обработки воды, то в качестве механизма дестабилизации частиц в природных водах выступает полимеризация метастабильной органики. Но во всех случаях на процесс полимеризации

органических соединений при озонировании оказывает влияние дозы озона, то есть степень их окисления. Этим объясняется то, что при правильно выбранной оптимальной дозе озона качество коагулированной воды существенно выше, чем качество такой же воды без применения озона.

При обработке воды реки Северский Донец изменение показателя мутности воды в зависимости от дозы озона происходит неоднозначно. Вначале мутность уменьшается с увеличением дозы озона, а в дальнейшем может увеличиться. Это объясняется тем, что под действием определенной дозы озона возникает процесс коагуляции коллоидных частиц, присутствующих в воде [14].

При оптимальных дозах озон способствовал снижению мутности в среднем на 10-20%. Особенно эффективно предварительное озонирование оказывает влияние на снижение цветности воды.

На основании анализа исследований, выполненных на воде р. Северский Донец и публикаций, обосновано ступенчатое озонирование, т.е. озонирование на различных ступенях обработки воды.

На основании выполненных исследований установлено, что предварительное озонирование при очистке воды р. Северский Донец позволяет уменьшить дозу коагулянта сульфата алюминия в среднем на 40% без ухудшения качественных показателей осветленной воды.

Применение озонирования осветляемой воды значительно снижает концентрацию хлорорганических соединений, образующихся при последующем хлорировании воды. Концентрация хлороформа в озонированной воде снижается в среднем в 1,5-2 раза, чем в неозонированной. При озонировании воды р. Северский Донец существует оптимальный диапазон озона, обеспечивающий повышение эффективности очистки воды при ее последующем коагулировании.

Вывод. Предварительное озонирование воды р. Северский Донец позволяет интенсифицировать процессы осветления воды, снизить содержание взвешенных веществ и цветность осветленной воды,

уменьшить расход коагулянта в среднем на 40%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Драгинский В.Л. Озонирование в процессах очистки воды / В.Л. Драгинский, В.П. Алексеева, В.Г. Самойлович. – М.: ДеЛи принт. – 2007. – 400с.
2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Л.А. Кульский. К.: Наукова думка, 1980. – 680 с.
3. Кожин В.Ф., Кожин И.В. Озонирование воды М., Стройиздат. –1973. – 160с.
4. Драгинский В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, В.П. Алексеева и др. – М.: Наука. – 2005. – 576с.
5. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строчак. – К.: Вища школа. –1981. –328с.
6. Орлов В. О. Озонирование воды / В.О. Орлов, – М.: Стройиздат. – 1984. – 88с.
7. Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений (том 2). – М.: Издательство АВС. – 2004. –496с.
8. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монография / С. М. Эпоян, Г. И. Благодарная, С. С. Душкин, В. А. Сташук; Харьк. нац. акад. гор. Хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2013. – 190 с.
9. Бахир В.М., Задорожный Ю.Г., Леонов Б.И., Паничева С.А., Прилуцкий В.И., Сухова О.И. / Электрохимическая активация: история, состояние, перспективы. Академия медико-технических наук Российской Федерации. Под ред. В.М. Бахира. –М.: ВНИИИМТ, 1999. –256с.
10. Реки мира. Река Северский Донец. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inpath.ru/n>.
11. Современное состояние водных ресурсов бассейна р. Северский Донец. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sovet.donbass.com>
12. Благодарная Г. И. Технологическое обоснование озонирования питьевой воды реки Северский Донец // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення» – К.: ТОВ «Гнозіс», №4, 2012. – С. 5-7.
13. Душкин С.С. Технологическое обоснование озонирования воды реки Северский Донец при подготовке питьевой воды //

Тези за матеріалами VII Всеукраїнського наукового семінару «Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур» – Х.: ХНУБА. – 2016. – С. 82-83.

14. Вахлер Б.Л. Озонирование воды канала Северский Донец – Донбасс для питьевых целей / Б.Л. Вахлер. – М.: Стройиздат. –1965. –84с.

Душкін С.С., Душкін С.С. ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЗОНУВАННЯ НА ПРОЦЕСИ РЕАГЕНТНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ. Розглянуто вплив попереднього озонування на процеси реагентної обробки води р. Сіверський Донець. Встановлено, що попереднє озонування води р. Сіверський Донець дозволяє інтенсифікувати процеси освітлення води, понизити вміст зважених речовин і кольоровість освітленої води, зменшити витрати коагулянту в середньому на 40%.

Ключові слова: очищення, знезараження, озонування, сульфат алюмінію, очисні споруди.

Dushkin S.S., Dushkin S.S. INFLUENCE OF PRELIMINARY OZONIZATION ON THE PROCESSES OF REAGENT WATER TREATMENT OF THE RIVER SEVERSKIJ DONEC. The influence of preliminary ozonization is considered on the processes of reagent water treatment of the river Severskij Donec. It is set that preliminary ozonization of water Severskij Donec allows to intensify the processes of water clarification, to reduce the content of suspended solids and the color of clarified water, to decrease the expense of coagulant on the average on 40%.

Key words: treatment, disinfestation, ozonization, sulfate of aluminium, treatment plants.

УДК 628.16

Карагяур А.С.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: karagiaur@rambler.ru)*

Волков В.Н.

*Коммунальное предприятие «Харьковводоканал»
(ул. Шевченко, 2, Харьков, 61013, Украина; e-mail: office@hkov.kharkov.ua)*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СКОРОГО ФИЛЬТРА С ОТВОДОМ ЧАСТИ ПОТОКА В НИЖНИЕ СЛОИ

Отмечены проблемы равномерного распределения загрязнений по высоте зернистой загрузки скорого фильтра. Рассмотрены различные решения по повышению эффективности работы фильтровальных сооружений. Разработана математическая модель процесса очистки воды на скором фильтре с отводом части потока в нижние слои. Математическая модель базируется на уравнениях фильтрации, переноса взвешенных веществ по высоте зернистой загрузки, массопередачи взвешенных веществ из жидкой фазы в твердую, зависимостях для учета кольматации и параметров зернистой загрузки. Представлены результаты теоретических исследований, в которых изучено влияние на эффективность работы фильтра крупности зерен, расположения переливной перегородки и дренажной системы для отвода части потока. Обоснованы рациональные параметры фильтра усовершенствованной конструкции.

Ключевые слова: скорый фильтр, дренажная система, зернистая загрузка, кольматация, математическая модель.

Введение. На станциях подготовки воды из поверхностных источников для хозяйственно-питьевых нужд при удалении тонкодисперсной взвеси широко используются фильтровальные сооружения. При двухступенчатой очистке (отстаивании и фильтровании) на второй ступени чаще применяются скорые фильтры с зернистой

загрузкой [1-3]. В схеме водоподготовки эти сооружения при эксплуатации являются наиболее затратными, что обуславливается необходимостью периодической промывки зернистой загрузки для ее регенерации. На этот процесс требуется значительные объемы промывной воды, в каче-