

УДК 628.316

*Заяц Е. Д., Шляжко О. В.*

*Научные руководители: к. т. н., доцент Белов С. Г.;*

*к. т. н., ст. преподаватель Наумчик Г. О.*

## **ПОДГОТОВКА АРТЕЗИАНСКОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ**

### **Введение**

Часто природная вода содержит вещества, придающие ей цветность. В большинстве случаев это гуминовые вещества и фульвокислоты [1, 2]. В некоторых случаях даже артезианская вода имеет заметную цветность, которая видна невооруженным глазом в бутылках. Очистка воды от органических загрязнений, обуславливающих цветность воды, является актуальной задачей. Озон – природный окислитель, который широко используется для очистки воды. Благодаря высокой активности озона загрязнения в воде быстро и эффективно окисляются. Обычно в результате окисления веществ, обуславливающих цветность воды, получаются бесцветные химические соединения [2–7]. Необходимо исследовать эффективность применения метода озонирования для обесцвечивания артезианской воды.

Озон является более эффективным решением, чем многие другие методы очистки воды. Например, при использовании хлора для дезинфекции воды могут образовываться токсичные соединения, которые оказывают вредное воздействие на здоровье. Однако озон полностью обеззараживает воду, уничтожая бактерии и вирусы [5–7].

Очистка воды озонированием – это не только эффективное, но и экономичное решение. Оборудование для очистки воды озоном требует небольших затрат на обслуживание и не нуждается в замене фильтров и других расходных материалов. Кроме того, озонирование не приводит к образованию токсичных соединений в воде, что позволяет снизить вредное воздействие на окружающую среду [5–7].

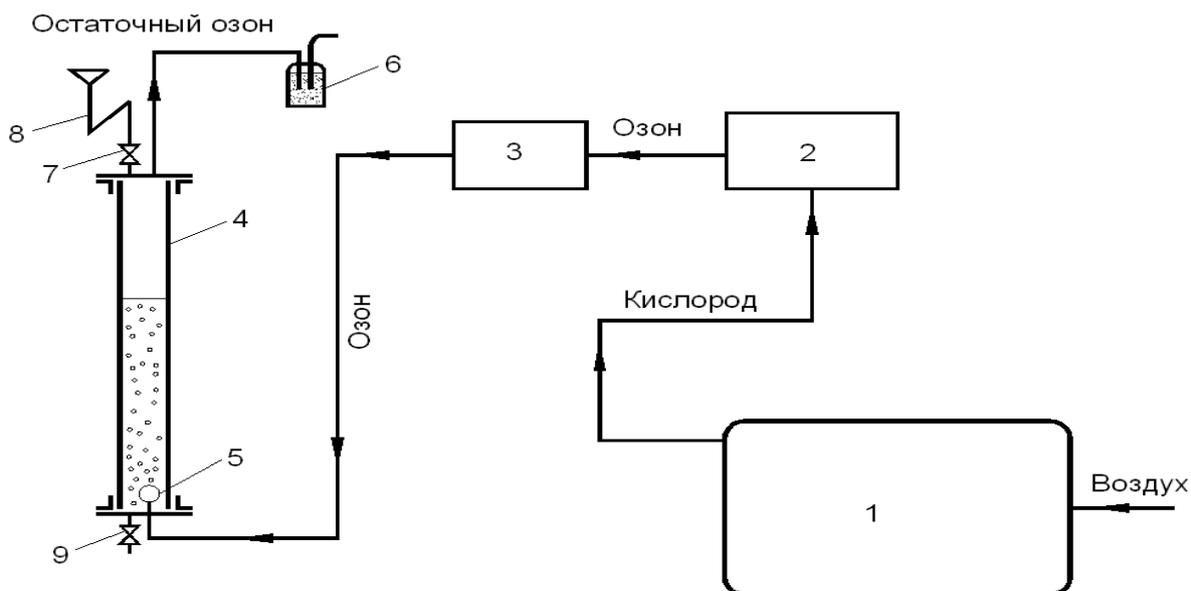
### **Материалы и методы**

В данном разделе описывается выбранный метод исследования. Метод должен быть описан таким образом, чтобы другой исследователь был способен его воспроизвести.

Цветность воды определялась по хромово-кобальтовой шкале по ГОСТ 31868-2012.

Озонирование воды в лабораторных условиях осуществлялось методом введения озона в виде ее водного раствора в дистиллированной воде [8].

Схема установки для получения озонированной воды представлена на рисунке 1.



1 – концентратор кислорода *Atmung oxy 6000*; 2 – озонатор *PLATON 10/2*;  
 3 – озонометр *МЕДОЗОН 254/5*; 4 – контактная колонка; 5 – диспергатор;  
 6 – деструктор остаточного озона; 7 – вентиль для заливки воды;  
 8 – гидравлический затвор; 9 – вентиль для отбора озонированной воды

**Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки**

Кислород, вырабатываемый концентратором кислорода 1, поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озоно-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через пористый диспергатор 5, при этом дистиллированная вода насыщается озоном. Далее обедненная озоном озоно-кислородная смесь поступает в деструктор 6. Озонированная дистиллированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью крана 9. Новые порции дистиллированной воды в контактную колонку 4 вводятся через гидравлический затвор 8 при помощи крана 7.

Реакция озона с обрабатываемой водой происходила в конической колбе. В озонированной воде с помощью озонометра «Медозон 245/8 (Ж-30)» определялась концентрация растворенного озона. Далее рассчитывали объем озонированной воды, который необходимо влить в обрабатываемую пробу исследуемой воды, чтобы обеспечить заданную дозу озона. После этого отмеряли рассчитанный объем озонированной воды и добавляли к обрабатываемой пробе воды, находящейся в колбе, и перемешивали в течение получаса. Разбавление обрабатываемой пробы воды при введении озона в виде водного раствора было незначительным, поскольку объемом озонированной воды, вливаемой в обрабатываемую пробу, был в 10 раз меньше объема обрабатываемой воды.

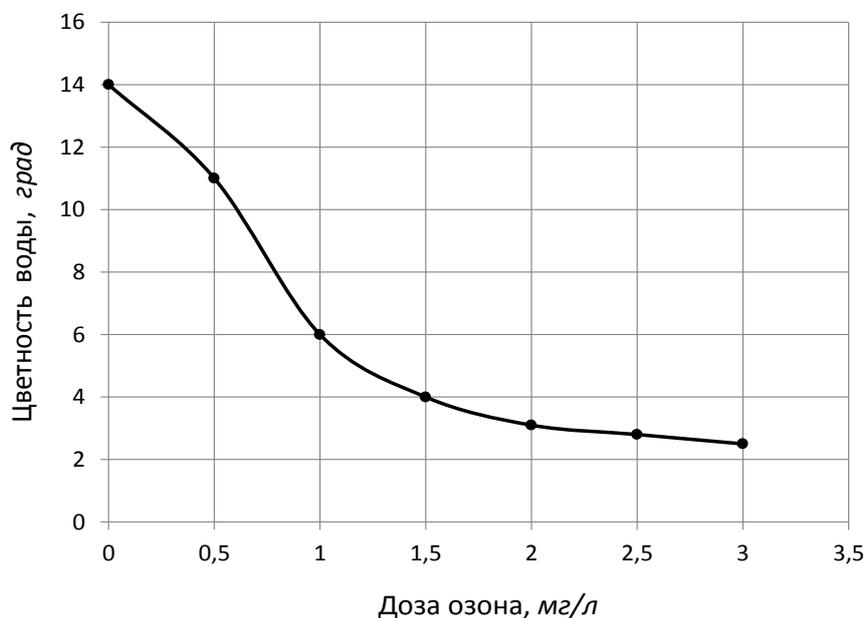
### **Результаты и обсуждение**

Очистка артезианской воды на СП «Фрост и К» ООО происходит следующим образом. Артезианская вода в линию водоподготовки бутилированной воды поступает из артезианских скважин. Сначала она подвергается двухстадийному обезжелезиванию с помощью напорных фильтров, которое позволяет удалить основное количество железа и марганца, а также достичь значительного снижения цветности воды. Далее воду в три ступени фильтруют через угольные фильтры, что обеспечивает очень низкое значение цветности воды, которое

требуется для бутилированной воды. Затем вода поступает в цех розлива, где фильтруется через картриджные мелкопористые полипропиленовые фильтры, а затем обрабатывается ультрафиолетовыми лучами, чтобы обеспечить гарантированное обеззараживание воды и после этого поступает на полностью автоматизированные линии розлива. После этого вся продукция цеха розлива поступает на склад. В данном исследовании проверялась возможность достижения низких значений цветности при применении озона для обработки воды, прошедшей двухступенчатого обезжелезивания. Это позволит вместо обработки на фильтрах, загруженных активированным углем, применять озонирование.

Для определения дозы озона для доочистки артезианской воды на СП «Фрост и К» ООО по показателю «цветность» была выполнена серия опытов.

На рисунке 2 показана графическая зависимость снижения цветности от дозы озона для воды, прошедшей обезжелезивание в две ступени, полученной с СП «Фрост и К» ООО. На нем наглядно прослеживается влияние дозы озона на величину цветности.



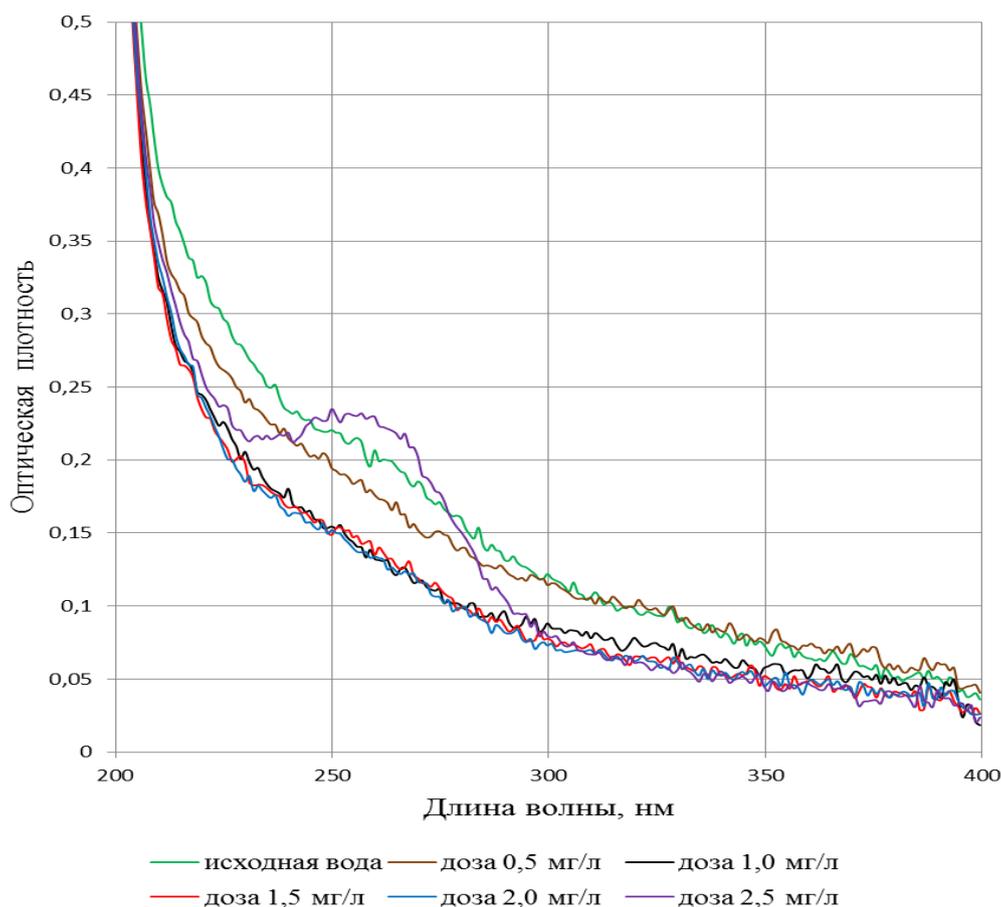
**Рисунок 2 – Цветность воды после обработки различными дозами озона**

График, представленный на рисунке 2, показывает, что с помощью озона можно снизить цветность обезжелезенной артезианской воды с СП «Фрост и К» ООО до 3-х градусов.

Очистка артезианской воды «Веда» происходит по следующей технологии. Вода в линию водоподготовки бутилированной воды поступает из артезианских скважин. Сначала с помощью напорных фильтров обезжелезивания из воды удаляют лишнее железо, далее воду фильтруют через угольные фильтры, затем с помощью озона корректируют органолептические показатели воды (уменьшают цветность, улучшают вкус и устраняют запах). После этого ее подают в металлические емкости, примерно на пятую часть заполненные кремнеземом. В емкостях с кремнеземом вода находится несколько суток, в результате этого вода обогащается ионами кремниевой кислоты. Затем вода поступает в цех розлива, где еще раз фильтруется через угольные фильтры, а затем обрабатывается ультрафиолетовыми лучами, чтобы обеспечить гарантированное обеззараживание

воды и после этого поступает на полностью автоматизированные линии розлива. Затем вся продукция цеха розлива поступает на склад.

Для установления дозы озона, необходимой для обработки воды «Веда», была выполнена серия опытов. Доза озона варьировалась в диапазоне от 1 до 2,5 мг/л воды с шагом 0,5 мг/л. Результаты воздействия озона на обрабатываемую воду оценивались спектрофотометрическим методом в УФ-диапазоне (от 200 до 400 нм). На рисунке 3 представлены спектры поглощения исходной и обработанной различными дозами озона воды «Веда», снятые через 0,5 часа после обработки.



**Рисунок 3 – Спектры поглощения исходной и обработанной озонами воды**

Исходная вода «Веда» имеет заметное поглощение в УФ-области, которое обусловлено наличием в ней органических веществ. При дозе озона 0,5 мг/л спектр поглощения стал заметно ниже в диапазоне длин волн от 200 до 300 нм, на оставшейся части рассматриваемого диапазона заметных изменений не произошло. При введении дозы озона 1,0 мг/л наблюдалось значительное уменьшение поглощаемости по сравнению с исходной водой. При дозе озона 2,5 мг/л через 0,5 часа после озонирования наблюдался пик поглощения озона, т. е. при данной дозе озон за установленное время не успевал вступать в реакцию с веществами, растворенными в артезианской воде.

В процессе выполнения озонирования воды «Веда» сравнивали вкус исходной воды со вкусом воды, обработанной различными дозами озона, а также определяли наличие запаха остаточного озона через 0,5 часа после введения заданной дозы озона. Результаты данных определений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные по вкусу воды «Веда» в зависимости от дозы озона

№ опыта	Доза озона, мг/л	Вкус по отношению к исходной неозонированной воде	Запах озона
1	0,5	слабое улучшение	Отсутствует
2	1,0	заметное улучшение	Отсутствует
3	1,5	как в опыте № 2	Отсутствует
4	2	как в опыте № 2	Отсутствует

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что основное количество органических веществ, обуславливающих вкус воды, окисляется при абсолютной дозе озона 1 мг/л в течении 0,5 часа.

### **Заключение**

В результате выполненных исследований было установлено, что озонирование позволяет эффективно снижать цветность воды. Метод озонирования может быть использован на третьей ступени водоподготовки на СП «Фрост и К» ООО для глубокой очистки воды вместо метода адсорбции активированным углем. Оптимальная доза озона, полученная в результате лабораторных исследований, получилась равной 2,5 м/л. Требуемое время контакта с обработанной водой составило 10 минут.

В результате выполненных лабораторных исследований озонирования природной артезианской воды «Веда» были получены спектры поглощения данной воды в УФ-диапазоне, которые показывают изменение количества и состава органических веществ, характеризующих вкус и запах данной воды. На основе анализа данных спектров была определена оптимальная доза озона для обработки воды «Веда», которая составила 1 мг/л.

Рассмотренные факты указывают на эффективность озонирования при решении задачи снижения цветности воды без необходимости ее фильтрации.

### **Список цитированных источников**

1. Николадзе, Г. И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г. И. Николадзе. – М. : Стройиздат, 1978. – 163 с.
2. Кожин, В. Ф. Очистка питьевой и технической воды / В. Ф. Кожин. – М. : Стройиздат, 1971. – 303 с.
3. Мамонтов, К. А. Обезжелезивание воды в напорных установках / К. А. Мамонтов. – М. : Стройиздат, 1964. – 95 с.
4. Кульский, Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – Киев : Вища школа, 1986. – 352 с.
5. Мосин, О. В. Использование озона в водоподготовке / О. В. Мосин // Сантехника, 2011. – № 4. – С. 47–49.
6. Гончарук, В. В. Обеззараживание воды озоним. Влияние неорганических примесей на кинетику обеззараживания воды / В. В. Гончарук [и др.] // Химия и технология воды. – 2001. – № 2. – С. 198–208.
7. Драгинский, В. Л. Исследование эффективности процесса озонирования при подготовке питьевой воды / В. Л. Драгинский [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – 1996. – № 2.
8. Белов, С. Г. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / С. Г. Белов, Г. О. Наумчик // Вестник БрГТУ, 2011. – № 2 (68) : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 73–81.