

3 Романовский, В. И. Эффективность использования озона в технологии водо-подготовки / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, П. Вавженюк // Водо-очистка. – 2014. – № 2. – С. 66–70.

4 Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / В. И. Романовский [и др.] // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2 (92). – С. 68–71.

5 Определение основных параметров дезинфекции и обеззараживания озоном сооружений питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. – 2015. – № 3 (176). – С. 108–112.

COMBINING ULTRASONIC TREATMENT AND OZONIZATION FOR WASTEWATER TREATMENT

M. V. PILIPENKO¹, A.V. DUBINA², V. V. LIKHAVITSKI³

¹RUE "Central Research Institute of Integrated Use of Water Resources", Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Technological University, Minsk

³TCHUP "Kuoliti", Minsk, Republic of Belarus

УДК 648.6

ФЛОТАЦИЯ ОЗОНОМ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КРАСИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

М. В. ПИЛИПЕНКО¹, А. В. ДУБИНА², В. В. ЛИХАВИЦКИЙ³

*¹РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь
marinaby@yandex.ru*

*²Белорусский государственный технологический университет, г. Минск
streetrman@mail.ru*

*³ТЧУП «Куолити», г. Минск, Республика Беларусь
likh@tut.by*

Актуальность. Проведенные нами ранее исследования по сравнительному анализу очистки сточных вод от красителей [1] озонированием, сорбцией, УФ-обработкой и фотокаталитическим окислением показали, что наиболее эффективными способами являются озонирование [2, 3] и использование фотокатализаторов. Одним из современных направлений в очистке сточных вод является комбинирование методов для достижения синергетического эффекта. Применение физико-химических методов очистки, основанных на деструктивных процессах, и в частности технологии озонирования, позволяет проводить очистку производственных сточных вод от биологически трудноокисляемых органических соединений и высокотоксичных

примесей. В настоящее время оборудование для озонирования не является дорогостоящим и доступно в различных вариантах.

Цель работы – оценить эффективность использования комбинированной системы очистки сточных вод от красителей, включающей озонирование и флотацию.

Методика. Для оценки влияния различных методов деструкции был выбран краситель метиленовый синий (основной). Для эксперимента использовали модельные растворы красителя с концентрациями 2,5, 5 и 10 мг/л и 0,02%-м содержанием ПАВ (додецилсульфат натрия).

Также оценку эффективности очистки проводили на реальной сточной воде предприятия. Состав сточной воды: рН 7,26, взвешенные вещества 487,5 мг/л, хлориды 1681,25 мг/л, сульфаты 245,8 мг/л, нефтепродукты 0,39 мг/л, АПАВ 2,11 мг/л, ХПК 327,5 мг/л, сухой остаток 906,5 мг/л, железо 3,46 мг/л. Расход озоновоздушной смеси на выходе из генератора озона 2,5, 3,75 и 6,25 л/мин. Таким образом, удельный расход озоновоздушной смеси составляет 2,5, 3,75 и 6,25 л/(л·мин).

Основные результаты. Результаты исследований показали, что расход воздушной смеси должен быть более 3 л/мин и время обработки не менее 20 мин. При использовании озона расход газовой смеси также должен быть не менее 3 л/(л·мин) и время очистки не менее 15 мин.

Была получена модель, описывающая зависимость эффективности очистки от концентрации озона в озоновоздушной смеси 0, 2,7, 8,3 г/м³, расхода озоновоздушной смеси 2,5; 3,75; 6,25 л/(л·мин), концентрации раствора красителя 2,5–10 мг/л, времени обработки 0–30 мин. Коэффициент детерминации полученной модели составляет 0,67:

$$\begin{aligned} \text{Э}_ф = & 23,9462 + 2,824C_{O_3} + 4,5315V + 0,3184C_{MВ} + 0,2911T + 0,268C_{O_3}V - \\ & - 0,1627C_{O_3}C_{MВ} + 0,2768C_{O_3}T + 0,0348VC_{MВ} - 0,0046VT - 0,0462C_{MВ}T + \\ & + 0,0021C_{O_3}VC_{MВ} - 0,0084C_{O_3}VT + 0,01C_{O_3}C_{MВ}T + 0,0021VC_{MВ}T + \\ & + 0,0001C_{O_3}VC_{MВ}T - 0,4882V^2 - 0,0323C_{MВ}^2, \end{aligned}$$

где V – расход газовой смеси, л/мин; $C_{MВ}$ – концентрация метиленового голубого, мг/л; C_{O_3} – концентрация озона в газовой смеси, г/м³; T – время обработки, мин.

Результаты экспериментов по очистке сточных вод предприятия при установленном расходе воздуха 6,25 л/(л·мин) показали эффективность очистки на уровне 37,1 % по ХПК, при использовании озоновоздушной смеси – 91,3 %, что в 2,45 раза выше, чем при применении воздуха. Оптическая плотность исходной сточной воды находится за пределом определения прибора ($D = 3$). Принимая за исходное данное значение оптической плотности $D = 3$, эффективность очистки при использовании воздуха составляет 27 %, озоновоздушной смеси – 87,9 %, что в 3,25 раза выше, чем при применении воз-

духа. Заметное повышение эффективности очистки с использованием озоно-воздушной смеси наблюдается по прошествии 15 мин обработки. Это хорошо коррелирует с данными по кинетике насыщения воды озоном. Результаты подтверждены в опубликованных ранее работах [4, 5].

Выводы. Результаты проведенных исследований показали, что при использовании флотации озоном для достижения эффективности очистки 90 % реальных сточных вод красильно-отделочных производств предприятия, отобранных до блока очистных сооружений (электрокоагуляция с последующей флотацией), требуются следующие условия: время обработки не менее 60 мин; расход озоновооздушной смеси не менее 5 л/(л·мин); концентрация озона в озоновооздушной смеси не менее 8 г/м³.

Список литературы

1 **Романовский, В. И.** Сравнительный анализ методов очистки сточных вод от красителей / В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, М. В. Пилипенко // *Вода Magazine*. – 2016. – № 12 (112). – С. 54–58.

2 Дезинфекция озоном водозаборных скважин и трубопроводов систем питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // *Труды БГТУ. Сер. : Химия и технология неорганических веществ*. – 2013. – № 3 (159). – С. 55–60.

3 **Романовский, В. И.** Эффективность использования озона в технологии водоподготовки / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, П. Вавженюк // *Водоочистка*. – 2014. – № 2. – С. 66–70.

4 Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / В. И. Романовский [и др.] // *Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2015. – № 2 (92). – С. 68–71.

5 Определение основных параметров дезинфекции и обеззараживания озоном сооружений питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // *Труды БГТУ*. – 2015 – № 3 (176). – С. 108–112.

OZONE FLOTATION FOR WASTEWATER TREATMENT OF DYE PRODUCTIONS

M. V. PILIPENKO¹, A.V. DUBINA², V. V. LIKHAVITSKI³

¹RUE "Central Research Institute of Integrated Use of Water Resources", Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Technological University, Minsk

³TCHUP "Kuoliti", Minsk, Republic of Belarus