

К вопросу об исследовании процесса очистки многокомпонентных сточных вод на опытно-промышленной установке

Н.П. Букалова, Г.Э Букалов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Аннотация: В статье рассматриваются результаты разработки опытно-промышленной установки, позволяющей обеспечить процесс очистки многокомпонентных сточных вод, содержащих органические примеси фенольного ряда на основе комбинированного метода в одном аппарате, последовательно совмещающего процесс озонирования с сорбционной доочисткой окисленных сточных вод, обеспечивающего непрерывность процесса и позволяющего повторное использование остаточного озона, что в значительной степени увеличивает степень очистки сточных вод и исключает необходимость деструкции озона. Достижимая при этом степень очистки, позволяет направлять очищенные сточные воды в оборотное водоснабжение.

Ключевые слова: многокомпонентные сточные воды, очистка сточных вод от органических соединений фенольного ряда, озонирование, сорбция, адсорбция, опытно-промышленная установка..

В настоящее время сточные воды лакокрасочных, кабельных, коксохимических предприятий являются мощным источником загрязнения водных объектов.

В связи с этим проблема разработки методов локальной очистки высококонцентрированных сточных вод, содержащих органические соединения фенольного ряда, обеспечивающих возможность использования очищенных сточных вод в системах оборотного водоснабжения является актуальной.

Изучение отечественных и зарубежных источников [1-4] позволяет сделать вывод о целесообразности совместного применения метода озонирования и адсорбции органических соединений фенольного ряда из водных растворов. Исследование процесса очистки многокомпонентных сточных вод на основе комбинированного метода в одном аппарате, обеспечивающим непрерывность процесса, весьма актуально, так как имеет ряд существенных достоинств по сравнению с традиционными методами очистки многокомпонентных сточных вод [4-6], а опыт его применения практически

отсутствует. Известно, что наиболее полное растворение газообразного озона в сточной воде является одной из основных задач техники озонирования, так как только в растворенной форме озон способен воздействовать на загрязнения [7- 9].

Новизна поставленной задачи и недостаточность имеющихся сведений о комбинированном процессе определили характер и объем экспериментальных исследований. Возникла необходимость разработки опытно-промышленной установки, позволяющей моделировать процесс очистки сточных вод комбинированным методом, отработать технические параметры процесса.

На рис. 1 представлена схема опытно-промышленной установки.

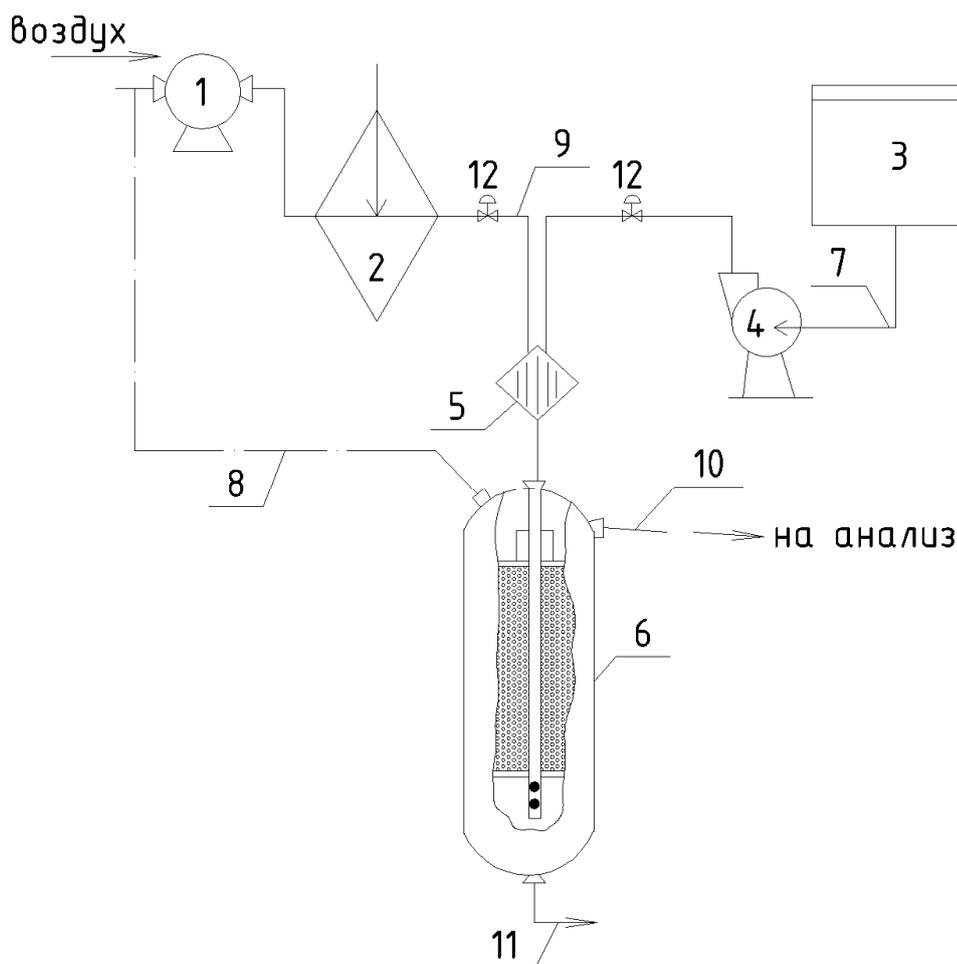


Рис. 1. – Опытно-промышленная установка очистки многокомпонентных сточных вод комбинированным методом:

1-компрессор подачи воздуха, 2-генератор озона, 3-сборник сточных вод, 4-насос подачи сточных вод, 5-диспергатор, 6-окислительно-сорбционная колонна, 7-трубопровод подачи сточной воды, 8-трубопровод возврата остаточной озono-воздушной смеси, 9-трубопровод подачи озono-воздушной смеси 10-трубопровод отвода очищенных сточных вод, 11-трубопровод отвода осадка, 12-регулирующие клапана.

Опытно-промышленная установка состоит из элементов, позволяющих осуществлять основные технологические стадии комбинированного метода очистки сточных вод: получение озono-воздушной смеси, сбор и накопление сточных вод, смешение сточных вод с озоносодержащим газом, осуществление процесса озонирования с последующей адсорбцией растворенных органических загрязнений углеродным сорбентом в окислительно-сорбционной колонне, подача очищенной сточной воды в обратное водоснабжение. Опытно-промышленная установка включала следующие элементы: компрессор подачи воздуха, озонатор, емкость-сборник сточных вод, насос, окислительно-сорбционная колонна, снабженная диспергатором.

Установка состоит из компрессора производительностью 25 м³/час; озонатора производительностью 1,7 кг озона/час; емкости сбора сточных вод объемом 5 м³, насоса производительностью 4,5 м³/час; диспергатора объемом 0,001 м³; окислительно-сорбционной колонны объемом 0,5 м³; трубопроводов и запорной арматуры.

Контроль за процессом очистки сточных вод осуществляется путем отбора проб: на входе - из сборной емкости и на выходе – после окислительно-сорбционной колонны [10].

Очистка сточных вод на опытно-промышленной установке осуществляется следующим образом: забираемый из атмосферы воздух компрессором под давлением 0,5-0,7 Мпа направляется в генератор озона, где под действием коронарного разряда из кислорода воздуха получали озон, из озонатора озono-воздушная смесь подавалась в диспергатор, где микропористая структура гранулированной керамики обеспечивала распыление озono-воздушной смеси в виде мельчайших пузырьков и образование газо-жидкостной эмульсии с развитой поверхностью контакта фаз, сточная вода в диспергатор подается насосом из сборной емкости, из диспергатора газо-жидкостная эмульсия подавалась в окислительно-сорбционную колонну, где последовательно осуществляется процесс озонирования и сорбционной доочистки сточных вод на угольном сорбенте.

Очистку многокомпонентных сточных вод, содержащих органические загрязнения, определяемые по фенолу проводили при найденных оптимальных параметрах осуществления процесса в зависимости от режима работы: удельный расход озона 1,54 – 2,7 мг/мг; количество сорбента 8,3 г/дм³; время контакта с сорбентом 9,3 – 18,5 мин.

Установка работала в непрерывном режиме. Расход воды поддерживался равным 20 л/час, расход озono-воздушной смеси составлял 10-40 л/мин при концентрации озона 15-25 мг/л.

Отбор проб из сборной емкости и на выходе из колонны осуществлялся через каждые 10 минут. В каждой пробе определяли: ХПК, величину рН, содержание органических загрязнений, определяемых по фенолу, БПК₅.

Основные усредненные показатели исходных очищенных многокомпонентных сточных вод в результате обработки комбинированным методом на опытно-промышленной установке представлены в таблице 1.

Таблица № 1

Основные показатели исходных и очищенных сточных вод, содержащих многокомпонентные смеси органических загрязнений, определяемых по фенолу, в результате обработки комбинированным методом на опытно-промышленной установке.

Наименование показателей	Исходная сточная вода	Очищенная сточная вода	Степень очистки, %
Содержание органических загрязнений, определяемых по фенолу, мг/л	150 - 1200	0,2 - 0,5	99,8 – 99,9
ХПК, мгО ₂ /л	751,3 – 6275,6	4,4 – 12,1	99,4 – 99,8
БПК, мгО ₂ /л	-	2,2 – 5,9	
рН	7,0 – 7,9	7,0 – 7,9	

Результаты экспериментальных исследований по очистке многокомпонентных сточных вод комбинированным методом показали, что параметры процесса очистки сточных вод в производственных условиях весьма близки тем же параметрам, полученным в лабораторных условиях [11].

Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности очистки сточных вод комбинированным методом, позволяющим снизить содержание органических загрязнений, определяемых по фенолу на 99,8 – 99,9%, общее содержание органических загрязнений на 99,4 – 99,8% (по ХПК). Очищенные сточные воды имели нейтральную реакцию среды (рН 7,0 – 7,9).

Результаты экспериментальных исследований по очистке многокомпонентных сточных вод на полупромышленной установке позволяют сделать вывод об адекватности математической модели процесса очистки сточных вод в виде уравнений, полученных в лабораторных условиях и возможности прогнозирования на ее основе качественного

осуществления процесса очистки сточных вод с целью подачи их в оборотное водоснабжение.

Литература

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 10 изд. стереотип., доработ. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753с.
 2. Вакуленко В.Ф., Ткачев В.А. Доочистка биологически очищенных сточных вод методами адсорбции и окисления // Химия и технология воды. 2016. №3. С.426-438.
 3. Букалова Н.П., Букалов Г.Э. К вопросу об установке, совмещающий процесс озонирования с сорбционной доочисткой окисленных сточных вод // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: vdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5484.
 4. Гриневич В.И., Гуцин А.А., Пластинина Н.А. Деструкция фенола и синтетических поверхностно-активных веществ под действием озона // Известия высших учебных заведений. Сер. «Химия и химическая технология». Иваново: Изд-во Ивановского гос. хим.-тех. ун.-та. 2008. № 6. С. 86–90.
 5. Константинова М. Л., Разумовский С. Д., Зайков Г. Е. Кинетика и механизм реакции озона с фенолом в щелочной среде. // Известия АН СССР, Серия Химическая, 1991, № 2, С. 320-324.
 6. Лунин В.В., Попович М. П., Ткаченко С. Н. Физическая химия озона. М.: Изд-во МГУ, 1998. 480 с.
 7. Разумовский С. Д., Зайков Г. Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. М.: Наука, 1974, С. 13-19.
 8. Федотов А.А., Григорьев В.С., Свитцов А.А. Технология очистки сточных вод с применением адсорбентов // Химия и технология воды. 2018. №5. С.564-572.
 9. Кудрявцев П.Г., Кудрявцев Н.П. Очистка сточных вод с использованием матрично-изолированных нанокпозиционных флокулянтов-коагулянтов // Инженерный вестник Дона, 2018, №3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_266_Kudryavtsev.pdf_7bdc6f7bfc.pdf
 10. Vilve M., Tgbopep T, Mika Sillanpaa M. Ozonation for the Degradation of Organic Compounds from Nuclear Laundry Water // Ozone Set Eng., 2008, V. 30, № 4, pp. 256-262.
 11. Vanhulle E. et al. Decolorization, Cytotoxicity, and Genotoxicity Reduction During a Combined Ozonation/Fungal Treatment of Dye-Contaminated Wastewater // Environ. Sci. Tech.,
-

2008, V. 42, № 2, pp. 584-589.

References

1. Kasatkin A.G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [Basic processes and apparatuses of chemical technology]. 10 izd. stereotip., dorabot. Moscow, 2004, 753 p.
2. Vakulenko V.F., Tkachev V.A. Khimiya i tekhnologiya vody. 2016, №3.
3. Bukalova N.P., Bukalov G.E. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5484
4. Grinevich V.I., Gushchin A.A., Platinina N.A. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Ser. «Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya». 2008, №6.
5. Konstantinova M. L., Razumovskiy S. D., Zaykov G. E. Izvestiya AN SSSR, Seriya Khimicheskaya. 1991, №2, pp. 320-324.
6. Lunin V.V., Popovich M. P., Tkachenko S. N. Fizicheskaya khimiya ozona [Physical Chemistry of Ozone]. Moscow, 1998, 480 p.
7. Razumovskiy S. D., Zaikov G. E. Ozon i ego reaktsii s organicheskimi soedineniyami [Ozone and its reactions with organic compounds]. Moscow, 1974, pp. 13-19.
8. Fedotov A.A., Grigor'ev V.S., Svittsov A.A. Khimiya i tekhnologiya vody. 2018, №5.
9. Kudryavtsev P.G., Kudryavtsev N.P. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №3. ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_266_Kudryavtsev.pdf_7bdc6f7bfc.pdf.
10. Vilve M., Tbgopep T, Mika Sillanpaa M. Ozone Set Eng., 2008, V. 30, № 4, pp. 256-262.
11. Vanhulle E. Decolorization, Cytotoxicity, and Genotoxicity Reduction During a Combined Ozonation/Fungal Treatment of Dye-Contaminated Wastewater II Environ. Sci. Tech., 2008, V. 42, № 2, pp. 584-589.