

ФОТОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ НА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЗОНА И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Эпоян С.М., Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Шаляпин С. Н., Шаляпина Т.С., ООО «Харьковская инженерная компания», Зубко А.Л., Штонда Ю.И., ООО "ЭКВИК", г. Харьков, Штонда И.Ю., Ужгородский национальный университет, г. Ужгород

Увеличение плотности населения значительно увеличивает уровень загрязнения окружающей среды продуктами жизнедеятельности человека. Существование современного общества характеризуется все более ощутимыми негативными последствиями воздействия на окружающую природную среду. При этом, загрязняется воздушное пространство, отравляются поверхностные и подземные водные объекты, земля становится непригодной для использования в народном хозяйстве.

Одной из наиболее актуальных задач, связанных с охраной окружающей среды является проблема обезвреживания токсичных сточных вод, образующихся в процессе жизнедеятельности человека, например, сточные воды различных свалок, полигонов бытовых и промышленных отходов, сточные воды предприятий химической и фармацевтической промышленности и другие. Как правило, такие сточные воды содержат большое количество токсичных органических веществ, ядохимикатов, пестицидов, фенолов и др., которые не только загрязняют окружающую среду, а и оказывают вредное воздействие на здоровье человека. Также большую угрозу для здоровья человека несут техногенные аварии, сопровождающиеся залповым загрязнением источников питьевой воды высокотоксичными соединениями (например, проблема, связанная с загрязнением питьевой воды в городах и населённых пунктах). Не следует также забывать о возможности террористических актов, которые могут привести к отравлению источников питьевой воды токсичными веществами, или патогенными микроорганизмами.

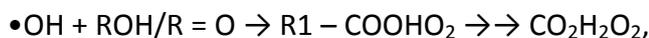
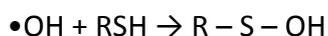
Эффективная работа существующих канализационных очистных сооружений по очистке от токсичных загрязнений сточных вод свалок, полигонов бытовых и промышленных отходов, предприятий химической и фармацевтической промышленности, является очень важной экологической и социально-значимой задачей. Поэтому на сегодняшний день одной из главных задач, которые стоят перед разработками современных технологий очистки сточной воды, есть задача, связанная с разработкой эффективных и недорогих методов обезвреживания токсичных сточных вод.

Целью проведенных исследований является разработка эффективного метода окислительной деструкции высокотоксичных, соединений и дезинфекции сточной воды и воздуха от патогенных микроорганизмов, основанного на применении совместного влияния озона и интенсивного ультрафиолетового облучения.

Озон является сильным и экологически безопасным окислителем, который эффективно разрушает находящиеся в сточной воде очистных сооружений токсичные вещества, осуществляя при этом ее дезинфекцию. Опыт применения озона для очистки сточной воды показал, что озон эффективно разлагает большинство токсичных органических веществ.

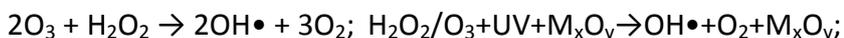
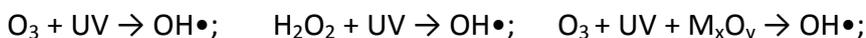
Одним из таких методов является удаление токсических веществ, находящихся в сточных водах, с помощью технологии активного окисления - ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOP). В основе этого метода, находится принцип соединения химических и физических методов окислительного процесса, что значительно повышает эффективность обезвреживания растворенных токсичных веществ, которые находятся в сточных водах, и обеспечивают высокую эффективность обеззараживания сточных вод [1]. Накопленный в разных странах опыт исследований процессов очистки сточных вод от сложных органических загрязнений показывает, что к наиболее перспективным методам их очистки от токсичных веществ, относится деструкция, основанная на использовании в качестве окислителя озона, а в качестве катализатора, ультрафиолетовое излучение. Применение ультрафиолетового излучения совместно с озонированием позволяет не только существенно снизить концентрацию озона, необходимую для разложения органического вещества, но и существенно повысить глубину его разложения.

В основу предложенного метода очистки токсичных сточных вод положен метод активного фотохимического окисления (Advanced Oxidation Process) органических углеводов, из которых состоит большинство токсичных сточных вод:



где R – органический компонент.

Принцип работы предложенной технологии сводится к фотохимическому окислению органических углеводов, из которых состоят токсичные вещества, озоном O_3 и гидроксильными ионами O^- , OH^- , которые образуются в результате облучения токсичных сточных вод мощным ультрафиолетовым излучением. Основными окислителями в технологии активного окисления выступают гидроксильные радикалы и озон, которые могут эффективно реагировать с органическими соединениями при очень высоких скоростях реакций окисления:



где UV – ультрафиолетовое излучение; M_xO_y - катализатор.

К одному из основных преимуществ метода активного окисления (AOP) относится возможность полного или частичного разрушения токсичных загрязнений в сточной воде при температуре окружающей среды путем их преобразования в различные безвредные промежуточные или конечные продукты, такие как: карбоновые кислоты, двуокись углерода, кислород, вода и другие [1-3].

Суть метода очистки сточных вод от токсичных загрязнений в следующем. Сточные воды, содержащие токсичные компоненты с помощью насосов подаются в фильтровальную установку, где происходит удаление из воды растворенных веществ. Далее сточные воды поступают в контактную колонну, где происходит их смешивание с окислителем

- озоном. В результате протекания окислительных реакций происходит первичное разрушение длинных молекулярных цепей органических углеводородов, что значительно облегчает процесс их дальнейшего разрушения в блоке фотохимического окисления. После контактной колонны сточные воды поступают в фотохимический реактор, где они подвергаются облучению мощным ультрафиолетовым излучением. Эффективность фотохимических реакций существенно возрастает при введении в зону реакции специальных катализаторов (например, железа или двуокиси титана) и окислителей (таких как перекись водорода, озон и т.д.). После этого, обработанные сточные воды поступают в отстойник. В результате такой обработки происходит полное или почти полное очистка и обеззараживание сточных вод, в состав которых входят токсичные загрязнения, с получением продуктов следующих классов безопасности: твердая фаза - 3 - 4 класс опасности; жидкостная фаза - нетоксичная техническая вода [1-4].

Апробация этого метода очистки сточных вод от токсичных загрязнений проводилась на экспериментальной установке. Исследуемая установка состояла из контактной колонны, к которой присоединен УФ реактор, циркуляционного насоса и генератора озона [4]. В качестве модельного раствора использовалась хозяйственно-бытовая сточная вода, к которую были добавлены загрязнители и ядохимикаты (карбофос, ампициллин, прометрин и рагора). Начальная концентрация токсичных загрязнений в сточной воде составляла 20 - 45 мг/дм³. Результаты проведенных экспериментов приведены в таблицах 1 - 3.

Таблица 1. Обработка сточных вод с помощью ультрафиолетового излучения.

№	Параметр	Загрязняющее токсическое вещество			
		Карбофос	Ампициллин	Прометрин	Рагорг
1	Начальная концентрация, мг/дм ³	31,5	20,7	45,2	40,3
2	Конечная концентрация, мг/дм ³	15,1	9,7	22,9	18,5
3	Концентрация озона, мгО ₃ /дм ³	-	-	-	-
4	Доза УФ излучения, Дж/см ²	1,5	1,5	1,5	1,5
5	Температура жидкости, °С	18	18	20	19
6	Степень очистки, %	52,1	53,2	49,4	54,0

Таблица 2. Обработка сточных вод с помощью озона.

№	Параметр	Загрязняющее токсическое вещество			
		Карбофос	Ампициллин	Прометрин	Рагорг
1	Начальная концентрация, мг/дм ³	32	21,0	44,5	39,2
2	Конечная концентрация, мг/дм ³	10,5	7,3	16,0	13,0
3	Концентрация озона, мгО ₃ /дм ³	4,0	4,0	4,1	4,0
4	Доза УФ излучения, Дж/см ²	-	-	-	-

5	Температура жидкости, °С	20	21	20	20
6	Степень очистки, %	67,2	65,2	64,0	66,8

Таблица 3. Обработка сточных вод при комплексном воздействии ультрафиолетового излучения и озона.

№	Параметр	Загрязняющее токсическое вещество			
		Карбофос	Ампицилин	Прометрин	Рарог
1	Начальная концентрация, мг/дм ³	30,8	20,9	45,4	40,2
2	Конечная концентрация, мг/дм ³	0,86	0,42	0,68	1,0
3	Концентрация озона, мгО ₃ /дм ³	4,0	3,9	4,1	4,0
4	Доза УФ излучения, Дж/см ²	1,5	1,5	1,5	1,5
5	Температура жидкости, °С	18	18	20	19
6	Степень очистки, %	97,2	97,8	98,5	97,5

Как видно из полученных результатов, отдельное применение ультрафиолетовое облучения и озонирования обеспечивает очистку сточных вод от токсичных веществ, соответственно, на 49,4 - 54,0% и 64,0 - 67,2%, что не обеспечивает достаточной эффективности. Однако при совместном применении ультрафиолетового облучения и озонирования эффективность очистки сточных вод от токсичных веществ резко увеличивается и превышает 97%.

Проведенные исследования показали, что совместное использование ультрафиолетового облучения вместе с озонированием обеспечивает снижение уровня загрязнения сточных вод токсичными веществами с эффективностью более 97%. Это позволяет рассматривать этот метод в качестве эффективного средства очистки сточных вод от токсичных органических веществ. Небольшие затраты электроэнергии (0,25 - 0,35) кВт·час/м³, простота и компактность оборудования позволяют рассматривать метод активного окисления как тот, что пригодный для решения проблемы очистки и обеззараживания токсичных сточных вод [4].

Метод активного окисления можно рекомендовать для очистки сточных вод от токсичных загрязнений свалок бытовых и промышленных отходов, сточных вод химических и фармацевтических предприятий, утилизации устаревших пестицидов и минеральных удобрений, пришедшие в негодность, для обезвреживания непригодных лекарственных препаратов, и тому подобное. Также, при очистке сточных вод от токсичных загрязнений, происходит обеззараживание сточных вод, которые содержат в себе, возбудители таких опасных заболеваний как холера, дизентерия, тиф, сальмонеллез, вирусный гепатит, полиомиелит, энтеровирусные и аденовирусные инфекции, лямблиоз, лептоспироз, бруцеллез, туберкулез, гельминтозы и другие.

Ультрафиолетовое излучение обеззараживает сточные воды за счёт прямого действия ультрафиолетовых лучей на клеточную и молекулярную структуру микроорганизмов, что вызывает разрушение молекул ДНК и повреждение оболочек клеток микроорга-

низмов, что приводит к их мгновенной гибели. Обеззараживание сточной воды с помощью ультрафиолетового излучения осуществляется без внесения в воду вредных химических соединений. Единственным условием применения метода ультрафиолетового обеззараживания является правильно выбранная доза ультрафиолетового облучения, т.е. количество ультрафиолетовой энергии, которая необходима для уничтожения находящихся в очищенной сточной воде микроорганизмов [5-8].

ВЫВОДЫ

Проведённый краткий анализ показывает, что в условиях существующих канализационных очистных сооружений применение методов удаления токсических веществ, находящихся в сточных водах, с помощью технологии активного окисления обеспечивает их высокую эффективность экологическую надежность и ликвидацию антропогенных технологических факторов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тарасов В.В. , Баранкова Г.С. Фотохимическое окисление органических веществ в водных растворах. - Физическая химия растворов, МИФИ - 2004, С. 173 - 174.
2. Архипов В.П. ; Камруков А.С. ; Овчинников П.А. ; Теленков И.И. ; Шашковский С.Г. ; Ялович М.С. Патент РФ RU2031851. Способ очистки сточных вод от органических веществ.
3. Нечаев И.А. , Верещагина Л.М. ; Байкова С.А. ; Логунова А.Ю. Патент РФ 2246450. Способ очистки сточных вод от трудноокисляемых органических соединений.
4. Олейник И.С. , Шаляпин С.М. Патент на полезную модель № 32038. Система для очистки сточных вод от токсичных веществ.
5. Эпоян С.М., Штонда І.Ю. Шаляпин С.М., Шаляпина Т.С., Зубко О.Л., Штонда Ю. І. Ультрафіолетові установки для знезараження стічних вод та шляхи їх вдосконалення // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2015. - Вип. 1(79). - С. 237 – 241.
6. Шаляпін С.М., Штонда Ю.І., Шаляпіна Т. С. Застосування УФ опромінення для знезараження стічних вод на малих очисних спорудах. // Виробничо – практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». – Київ – 2013. - №2/13. – С. 14-19.
7. Шаляпін С.М., Штонда Ю.І., Шаляпіна Т. С. Порівняння різних методів знезараження стічних вод. // Виробничо – практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». – Київ – 2013. - №3/13. – С. 20-25.
8. Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Штонда И.Ю., Шаляпина Т.С. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях. // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення, ІХ міжнародна науково-практична конференція, м. Алушта 09-13 вересня 2013 р, Збірник наукових статей. Харків: «Райдер», - 2013. - Т. 1. - С. 282 – 287.
9. Эпоян. С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Шаляпина Т.С., Зубко А.Л. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях при использовании ультрафиолетового излучения. . // Motrol. Commission of motorization and energttics in agriculture. – Volume 15 №6. – Lublin - Rzeszow. – 2013. С. 85-92.