БЕЗРЕАГЕНТНОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ТОКСИКАНТОВ И ПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Виктор Ковалев*, Ольга Ковалева, Валентин Бобейкэ***
*Госуниверситет Молдовы, Институт Исследований и инноваций
ул. Матеевич, 60, Кишинев, МД 2009, Республика Молдова
тел. +373 79980920, e-mail: viktorcovaliov7@gmail.com
**Институт химии, ул. Академией, 3, МД 2028, Республика Молдова

Введение

Как известно, днестровская вода является одним из важнейших источников питьевого водоснабжения для Республики Молдова. Однако она содержит различные токсиканты, бактерии, продукты эвтрофикации и другие ингредиенты, которые могут оказывать негативное влияние на санитарно-эпидемиологическое состояние региона и здоровье человека. Ряд загрязняющих веществ в результате химической трансформации обладают способностью образовывать канцерогены и мутагены.

Практика применения хлора в процессах обеззараживания вод с высокими значениями ХПК, а также исследования последних лет выявили ряд серьезных недостатков этого процесса. Это прежде всего образование в воде хлорорганических соединений, таких как хлорфенол, тригалогенметаны, хлорамины, четыреххлористый углерод и целый ряд других, которые показывают высокие уровни генотоксической активности в отношении человека и живых организмов [1]. Многие из указанных соединений способны аккумулироваться в донных отложениях, в тканях гидробионтов и по трофическим цепям попадать в организм человека. Хлорорганические соединения характеризуются высокой стойкостью к биодеструкции, и поэтому вызывают загрязнения рек на больших расстояниях вниз по течению.

Вышеуказанные доводы приводят к необходимости замены хлора на стадии обеззараживания воды на менее опасные методы, не вызывающих появления в воде вторичных, более опасных загрязнений.

Использование УФ-облучения в процессах обеззараживания воды

Наиболее перспективным методом обеззараживания воды является УФ-облучение, высокоэффективное при обеззараживании от бактерий, вирусов и патогенных простейших, но в отличие от окислительных методов не вызывающее образования вторичных токсикантов в обрабатываемой воде. Обеззараживающий эффект УФ-облучения выше, чем хлорирования, и обеспечивает инактивацию как обычных патогенных вегетативных и споровых кишечных бактерий, так и вирусов, в частности, гепатита А и Е, полиомиелита. Поэтому применение УФ-излучения для обеззараживания очищаемых сточных вод позволяет оптимально решать экологические проблемы.

Процессы инактивации микрофлоры в системах водоочистки на стандартных станциях УФ-облучения производятся при плотности ультрафиолетового потока от 16-20 до 28-40 мДж/см^2. При этом прозрачность водной среды должна быть не менее 80%, а количество взвешенных частиц не выше 1 мг/л. Однако такие установки являются энергозатратными, что удорожает процесс водоочистки. В то же время обезвреживающая обработка жидких продуктов и воды производится с использованием ртутных ламп ультрафиолетового облучения, что является энергоемким процессом, связанным с повышенным расходом электроэнергии, и опасным при выходе ртутных ламп из строя.

Кроме того, стандартные процессы УФ-облучения недостаточно эффективны, так как лампы, использующие ультрафиолетовую область спектра ограничены длиной волны в пределах 250-400 нм, составляющей всего 7% от диапазона длин волн солнечного спектра светового воздействия. В связи с этим, для подавления патогенных микроорганизмов, а также для де-

струкции труднодеградируемых органических соединений в водной среде необходимо длительное время обработки, что влечет и повышенные энергетические затраты.

Новый метод и установка для обеззараживания воды с использованием ультрафиолетового облучения

В связи с этим нами предложен новый метод УФ-облучения и устройство для его осуществления с использованием солнечного облучения (Рис. 1) [2]. Такая система может использоваться не только в системах водоочистки, водоподготовки и водопотребления для обеспечения бактерицидного обеззараживания воды, но и в других целях, например, в различных частях отопительных систем, исключая добавление антисептиков и реагентов, обеспечивая решение экологических, энергетических и экономических проблем. При этом снижение энергоемкости и повышение эффективности обезвреживания водных систем от патогенной микрофлоры производится под воздействием спектра ультрафиолетового и инфракрасного солнечного излучения для обеспечения фотокаталитического деструкционного эффекта и гелиотермического бактерицидного обеззараживания, наряду с очисткой загрязненных вод.

Установка включает в себя коническую накопительно-рециркуляционную емкость (1), снабженную входным патрубком и дозирующим устройством для подачи обрабатываемой жидкости и фотокаталитически активного реагента. Наклонный опорный каркас (2) содержит проточные кварцевые трубки. Установка также включает в себя патрубки выхода обрабатываемой воды, отражатель (рефлектор) (3), который может перемещаться на заданный угол, а также отводной трубопровод с вентилем для рециркуляции обрабатываемой жидкости.

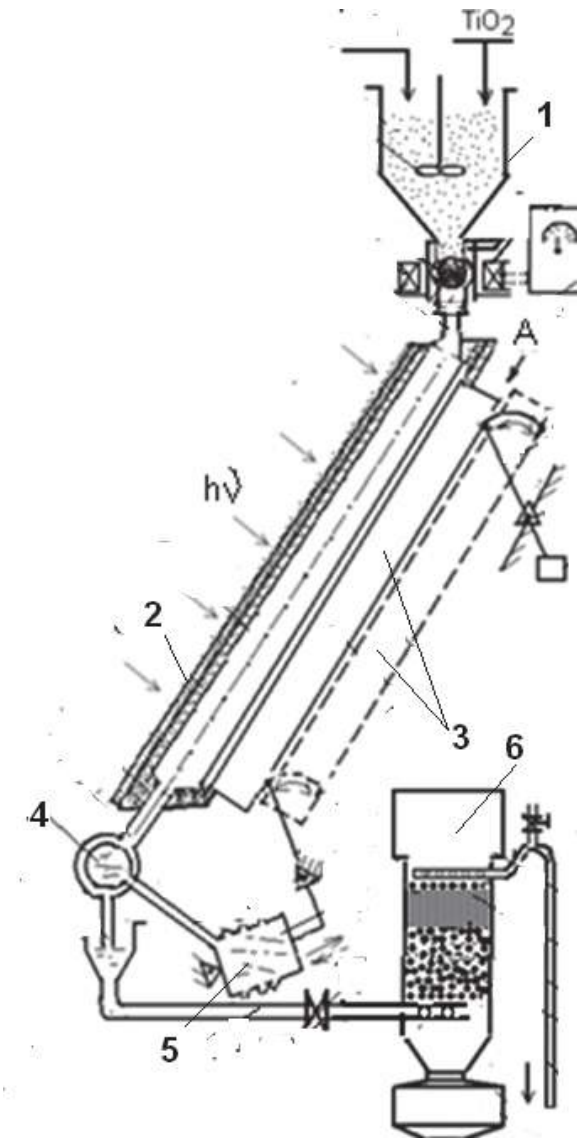


Рис. 1. Схема комбинированной установки для фотокаталитической деструкции труднодеградируемых органических веществ и патогенной микрофлоры в воде

В качестве в поглощающего слоя, создаваемого интенсивным черным объемным покрытием, используются карбонизированные перья – птицеводческие отходы с естественной микротрубчатой структурой.

Подвижный блок рефлектора дает возможность регулировать его перемещения вслед за движением солнца, за счет внутреннего давления благодаря солнечному нагреву жидкости в нем. Движение рефлектора осуществляется с помощью системы рычагов, шарниров и противовеса, соединенных с блоком (4) герметичного термо-сильфонного типа гибким трубопроводом (шлангом) с цилиндрической термокамерой (5). Термокамера встроена в выходной патрубок, последовательно соединенный с водяным прерывателем потока и фильтром тонкой очистки воды (6).

Бактерицидный эффект с обеззараживанием воды, за счет разрушения патогенной микрофлоры и труднодеградируемых полифенольных соединений, достигается благодаря сочетанию нескольких факторов, описанных ниже.

При обработке водной среды ультрафиолетовым (УФ) облучением в области 100-400 нм могут быть использованы суспендированные добавки диоксида титана в качестве фотокатализаторов, которые генерируют активные радикалы с высокими окислительными свойствами, приводя к деструкции молекулярных структур токсичных органических веществ и их обезвреживанию, и одновременно способствуют гибели болезнетворных бактерий в воде.

Наличие многослойного поглощающего нанопокрытия из обожженных карбонизированных куриных перьев для солнечного термопреобразователя позволяет обеспечить очень низкий коэффициент отражения покрытой абсорбционной панели. Благодаря этому достигается повышение абсорбции инфракрасного солнечного спектра до значения $A_c \approx 0,97\text{-}0,99$ и соответствующее снижение отражающих характеристик покрытия до величины $E = 0,05$ и менее.

ИК-излучение, будучи тепловым, составляет порядка 50% части спектра излучения солнца с длиной волны от 700 нм до 3000 нм и более. Поглощающая способность карбонизованных куриных перьев при ИК-излучении возрастает благодаря повышенной удельной объемной площади черной карбонизованной поверхности. Поэтому их поглотительная способность по отношению к излучательной способности возрастает в сторону абсолютно черного тела. Это приводит к ускоренному нагреву покрытия до 70-90°С, тепло которого передается обрабатываемой жидкости через стенки кварцевых труб. Указанные пределы температур являются критическими для жизнедеятельности бактерий, приводя к их практически полной гибели. Одновременно происходит существенное ускорение процессов фотокаталитической деструкции молекулярных структур органических загрязнений в воде с помощью активных радикалов, вплоть до их полного обеззараживания.

Средний диаметр чистого куриного пуха составляет 5-10 мкм. Перья в исходном состоянии содержат сквозные трубчатые внутренние поры и волокна, представляя собой структуру, образуемую полипептидными веществами в виде пучков, ориентированных параллельно друг к другу в направлении волокна. Многие из них закручены в спираль таким образом, что внутри спирали каждый аминокислотный остаток связан с одним из последующих водородной связью.

В процессе карбонизации в инертной неокислительной атмосфере на первой стадии нагрева при 200-250°С протекают процессы пиролиза и разложения органических составляющих перьев. Затем, по мере повышения температуры и выдержки при 400-450°С, протекает стадия карбонизации, в результате чего формируется углеродный нанопористый скелет глубокочерного цвета, сохраняющий характер строения исходных молекулярных структур перьев. Это обеспечивает высокоактивную удельную поверхность карбонизированных перьев, составляющую 100-450 $м^2/г$.

Образованный таким образом многослойный абсорбционный слой является преимущественно прозрачным для длинноволнового теплового излучения, что позволяет преобразовывать коротковолновое солнечное излучение в длинноволновое и, соответственно, ретранслировать тепловую энергию на поверхность абсорбционной панели. В этих условиях одновременно обеспечивается тепловой эффект солнечного облучения.

Благодаря гелиотермическому нагреву глубокочерного покрытия, передающегося через стенку кварцевой трубы, происходит теплопередача и быстрый нагрев обрабатываемой воды. Совокупность этих факторов приводит к развитию синергетического эффекта, повышающего скорость фотокаталитических деструкционных процессов. С повышением температуры до 55-70 °С обеспечивается не только ускоренный нагрев водной среды для фотокаталитческой деструкции органических токсикантов, но и полная термическая гибель болезнетворных патогенных бактерий в воде.

Использование электромагнитного дозатора расхода воды позволяет не только регулировать скорость ее протока, но одновременно обеспечивает ее комплексную электромагнитную обработку в полиградиентном электрическом поле, влияя на молекулярную структуру органических загрязнителей и бактерий, а эффект кавитационного магнитоожижения, используемый в установке, способствует улучшению гидродинамических условий массопереноса и массообмена.

Предложенный новый принцип передвижения рефлекторного солнечного концентратора базируется на расширении инертной жидкости в герметичном термосильфоном блоке при ее гелиотермическом нагреве в зависимости от положения солнечного диска.

Заключение

Предложен новый комбинированный безреагентный метод фотокаталитической и гелиотермической деструкции труднодеградируемых органических веществ и обеззараживания патогенной микрофлоры и токсикантов в водных системах с использованием широкого диапазона длин волн УФ- и ИК- спектра солнечного излучения. Благодаря гелиотермическому нагреву глубокочерного покрытия при использовании карбонизированных куриных перьев нанотрубчатой структуры с высоким коэффициентом поглощения солнечной энергии обеспечивается ускоренный нагрев водной среды для термической гибели болезнетворных патогенных бактерий в воде.

Для более высокой эффективности использования солнечной активности за счет увеличения продолжительности полезного времени солнечного освещения, разработан новый принцип автоматического управления системой слежения рефлекторного солнечного концентратора по ходу движения солнца. Он базируется на расширении инертной жидкости в герметичном термо-сильфонном блоке при ее гелиотермическом нагреве в зависимости от положения солнечного диска.

Разработанная технология может быть применена для решения целого ряда проблем, связанных с очисткой природных поверхностных вод, для бытового водопользования и создания экологически чистых производств.

Литература

1. **Дрововозова, Т.И., Паненко, Н.Н., Кулакова Е.С.** Исследование бактерицидной активности пероксида водорода в сточных водах. *Технические науки*, 2017, 7(49), с. 18-21
2. Covaliova, O.; Covaliov, V.; Coptiug, E. *Instalaţie de decontaminare a toxicanţilor organici şi bacteriilor din mediul acvatic*. Cerere de brevet MD a2019 0030. 2019-04-05.