

## ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ВОДНОЙ СРЕДЕ



ДР. ХАБ. ХИМ. НАУК ОЛЬГА КОВАЛЕВА  
ИНСТИТУТ ХИМИИ



ДР. ХИМ НАУК ВИКТР КОВАЛЕВ  
МОЛДАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

### REZUMAT

**Dezinfectarea fotocatalitică a sistemelor patogene bacteriene din mediul acvatic.** Au fost supuse analizei motivele izbucnirii bolilor severe asociate cu un nou tip de boală mortală răspândită în lume cu denumirea de „legioneloză” (boala legionarilor), identificată pentru prima dată în 1976. Aceasta este cauzată de microorganisme care se răspândesc rapid nu numai în mediul natural, ci și în sistemele artificiale de echipamente – aparate de aer condiționat și ventilație a aerului, turnuri de răcire, cazane, sisteme de încălzire, dispozitive de alimentare cu apă și tratare a apei și alte tehnologii și echipamente create de om. Condițiile optime de reproducere pentru bacteriile Legionella sunt de 40-60°C într-un mediu cald și mediu lichid încălzit la pH = 6-7, unde există un flux de aer și aerosoli. Ele formează colonii pe suprafețe umede și pot nimeri și

pe corpul uman. A fost demonstrată posibilitatea utilizării metodelor fără reactivi a fotocatalizei și a echipamentelor speciale pentru dezinfectare și eliminare a cauzelor unor astfel de boli prin generarea și utilizarea radicalilor activi și expunerea la radiațiile solare și iradiere artificială cu raze UV.

**Cuvinte-cheie:** bacteriile Legionella; boala legionarilor; dezinfectare fotocatalitică; mediu acvatic.

### ABSTRACT

#### **Photocatalytic Disinfection of Pathogenic Bacterial Systems in an Aqueous Medium.**

The reasons for the outbreak of severe diseases associated with a new type of deadly disease spread around the world called “legionellosis” (Legionnaires’ disease), first identified in 1976. This is caused by microorganisms that spread rapidly not only in the natural environment, but also in artificial equipment systems – air condi-



кой реакционной активностью, способствуя быстрой гибели как патогенной микрофлоры, включая опасных бактерий легионеллы, так и разложению токсичных макромолекул полифенольных соединений, приводя к разрыву их молекулярных связей и полной деструкции.

Инфракрасная часть (ИК-) спектра солнечного излучения составляет порядка 50% солнечного излучения и характеризуется длинной волны от 700 нм до 3000 нм и более. В случае нанесения на поверхность кварцевой трубы черного поглощающего слоя, тепло передается через стенки кварцевых труб на обрабатываемую воду, приводя к ее ускоренному нагреву до 70-90 °С. Эти пределы температур являются критическими для жизнедеятельности бактерий, приводя к их практически полной гибели, и одновременно способствуя существенному ускорению фотокаталитической деструкции, с помощью активных радикалов, молекулярных структур органических загрязнений в воде, вплоть до ее полного обезвреживания и обеззараживания. При этом наличие наноселективного поглощающего многослойного покрытия на основе глубоководных карбонизированных куриных перьев для солнечного термопреобразователя, позволяет обеспечить очень низкий коэффициент отражения покрытой абсорбционной панели, а с помощью просветляющего слоя осуществляется подгонка показателя преломления. Таким образом, достигается повышение абсорбции солнечного инфракрасного спектра облучения света до значения  $A_s \approx 0,97-0,99$  и соответствующее снижение отражающих характеристик до величины  $E=0,05$  и менее.

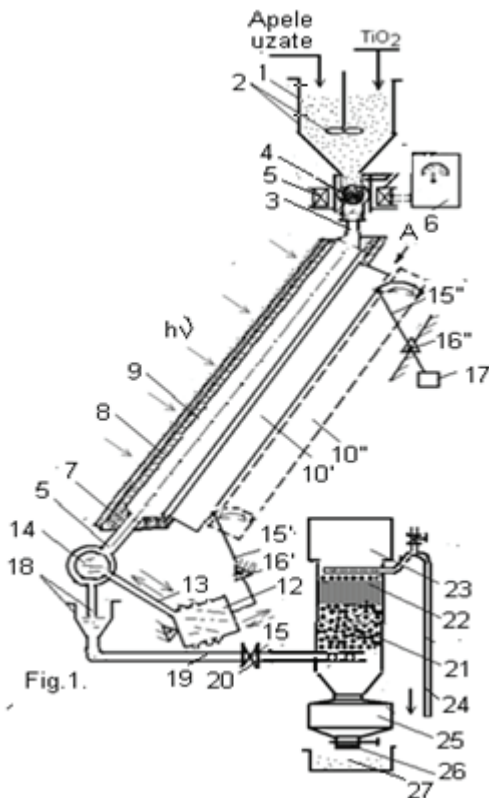
Совокупность этих факторов приводит к развитию синергетического эффекта, повышающего скорость фотокаталитических деструкционных процессов.

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

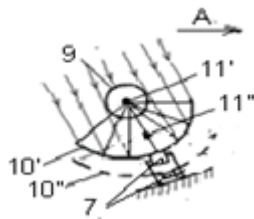
На рис.1 приведена схема устройства с перемещением зеркального концентратора солнечных лучей по движению солнца [3], а на рис. 2 – схема распределения фокусировки лучей солнечного излучения в полуэллипсоидном зеркальном концентраторе.

Предложен новый принцип слежения рефлекторного концентратора за солнцем, базирующийся на степени расширения инертной жидкости при гелиотермическом нагреве в герметичном термо-сильфоном блоке, соединенным гибким трубопроводом (шлангом) с цилиндрической термокамерой, встроенной в выходной патрубков.

Возможность управления устройством при перемещении солнечного диска обеспечивается с помощью системы рычагов, шарниров и противовеса. В реактор вводились кристаллические частицы диоксида титана ( $TiO_2$ ) анатазной структуры. в виде 0,01-0,05 %-ной суспензии. В качестве постоянного сферического магнита использованы спрессованные частицы гексаферрита бария с наружным гуммированным слоем, намагниченные до насыщения. Применение кварцевого стекла для фотокаталитического реактора обусловлено его высокой пропускной способностью для ультрафиолетового спектра светового излучения.



**Рис.1. Схема устройства с перемещением зеркального концентратора солнечных лучей по движению солнца**



**Рис.2. Схема распределения фокусировки лучей солнечного излучения в полу-эллипсоидном зеркальном концентраторе**

Для получения поглощающего глубокого черного покрытия кварцевой трубы использовались карбонизированные куриные перья. Они представляют собой дешевые отходы птицеводства и имеют естественную трубчатую структуру со средним диаметром трубок 5-10

мкм. В исходном состоянии перья содержат сквозные внутренние поры и волокна в виде пучков, образуемые полипептидами, ориентированные параллельно друг другу в направлении волокна. При этом многие из них закручены в спираль таким образом, что внутри спирали каждый аминокислотный остаток связан с одним из последующих водородной связью.

Процесс карбонизации перьев проводят в инертной неокислительной атмосфере. На первой стадии нагрева при 200-250°C протекают процессы пиролиза и разложение органических компонентов перьев, а затем, по мере повышения температуры и выдержки при 400-450°C, протекает стадия карбонизации. В результате формируется углеродный нанопористый скелет глубоко черного цвета, сохраняющий характер строения исходных молекулярных структур перьев, обеспечивающий высокоактивную удельную поверхность, составляющую 100-450 м<sup>2</sup>/г.

Установка содержит (рис.1) коническую циркуляционно-смесительную емкость 1 с мешалкой 2, электромагнитный дозатор 3, сферический магнит 4 с гуммированным слоем, соленоид 5, регулируемый источник питания 6 переменного тока, патрубков входа 7 обрабатываемой воды, опорное наклонное основание 8, покрытие 9 поглощающего черного слоя, проточный кварцевый трубчатый фотокаталитический реактор 10, зеркальный концентратор 11' солнечного излучения в рабочем (активном) состоянии, зеркальный концентратор 11'' солнечного излучения в пассивном состоянии, фокус 12' отражения в рабочем (активном) положении, фокус 12'' отражения в пассивном положении, герметичное сильфонное устройство 13, соединенный гибкий шланг 14, герметичную цилиндрическую термокамеру 15, патрубков выхода 16 обрабатываемой воды, нижний соединительный ры-

чаг 17' привода сильфонного устройства, верхний соединительный рычаг 17" концентратора солнечного излучения, шарниры 18', 18", противовес 19, водяной затвор 20, рециркуляционный трубопровод 21, вентиль 22, фильтр 23 с плавающей загрузкой, зернистый слой 24 вспененного полистирола, слой 25 волокнистой загрузки, надфильтровое пространство 26, сильфонное устройство 27, бункер 28, задвижку 29 и сборник осадка 30.

Покрытие опорного наклонного основания 8 производят укладкой слоя карбонизированных перьев, который закрепляют бесцветным связующим, например, быстросохнущим перхлорвиниловым лаком ХСЛ. Благодаря черному отражательному цвету получаемое покрытие обладает повышенной поглотительной абсорбционной способностью теплового инфракрасного спектра поглощения солнечного света. Это способствует повышению гелиотермических характеристик светового поглощения путем преобразования солнечного излучения в тепловую энергию для нагрева обрабатываемой воды в фотокаталитическом реакторе 10. Благодаря этому ускоряются процессы разогрева массы обрабатываемой воды при проток через фотокаталитический реактор и, соответственно, повышается эффективность ее обезвреживания и обеззараживания.

Установка работает следующим образом.

Исходная сточная вода поступает в накопительно-циркуляционную емкость 1, куда дополнительно вводится порошкообразный диоксид титана, который затем в суспендированном виде перетекает в электромагнитный дозатор 3 с размещенным в нем сферическим постоянным магнитом 4, установленным во внутреннем проточном овальном основании. В стационарном состоянии сферический магнит, благодаря гуммированной поверхности, перекрывает нижнее отвер-

стие. При подаче переменного тока на соленоид 5 от источника питания переменного электрического тока б возникает полиградиентное электромагнитное поле. Благодаря этому сферический магнит приобретает возвратно-поступательное и вращательное движение, интенсивность которого зависит от подаваемого напряжения. Это открывает возможность вытекания обрабатываемой воды с заданной скоростью и ее отвода через патрубок выхода 7 в кварцевый трубчатый фотокаталитический реактор 10.

При этом параболический зеркальный концентратор 11' солнечного излучения, соединенный с рычагом 17' в активном рабочем состоянии, фокусирует солнечные лучи. В результате коэффициент их концентрации возрастает, повышая энергию солнечных лучей и, соответственно, равновесную температуру гелиотермического нагрева в протоке обрабатываемой воды. Температура нагрева жидкости фиксируется в герметической цилиндрической термокамере 15, соединенной гибким шлангом 14 с сильфонным устройством 13, заполненным инертной жидкостью с повышенным коэффициентом объемного расширения. Так, в частности, значения этого коэффициента для ацетона, в зависимости от температуры, находятся в пределах от  $\beta = 1,352$  (20 °C) до  $\beta = 1,88$  (90 °C). Соответственно, в герметичном пространстве создается избыточное давление, вследствие чего сильфонное компенсаторное устройство 13 расширяется либо сжимается при снижении температуры жидкости. При этом, с помощью рычагов 17', 17", шарниров 18' 18" и противовеса 19 обеспечивается перемещение зеркального концентратора из активного 11' в пассивное 11" положение и обратно для отслеживания его положения по ходу движения солнца по небосводу. Тем самым, автоматически обеспечивается поддер-

жание оптимальных условий интенсификации гелиотермического и фотокаталитического режима воздействия на процессы деструкционной очистки воды как от органических токсикантов, так и с целью бактерицидного обеззараживания.

Обработанная таким образом вода поступает на доочистку от механических взвесей через патрубок выхода 16 на водяной затвор 20, далее в рециркуляционный трубопровод 21, и при открытом вентиле 22 отводится на фильтр 23 со слоем плавающей зернистой загрузки 24. Затем обрабатываемая вода поступает в верхний слой волокнистой загрузки 25, где обеспечивается ее фильтрация с заполнением надфильтрового пространства 26. В очищенном виде вода отводится на повторное использование через сильфон 27. Повышение эффективности процесса обезвреживания болезнетворных микроорганизмов в предлагаемой установке в отдельных случаях может быть достигнуто при дополнительном вводе в воду 1-3 мл/см<sup>3</sup> 5-10%-ного раствора пероксида водорода.

Осадок механических взвесей собирается в бункере 28, и по мере его накопления отводится через задвижку 29 в сборник 30 на утилизацию. При этом конструкция фильтра 23 предусматривает возможность периодической ре-

генерации загрузки 24 и 25 путем ее взрыхления обратным потоком воды, накапливающейся в надфильтровом пространстве 26.

Обезвреженная и очищенная таким образом вода может быть использована для смежных технологических нужд, а отфильтрованный осадок диоксида титана может быть направлен на отмывку и регенерацию для повторного использования.

Таким образом, обеспечивается достижение поставленных целей, направленных на повышение эффективности очистки воды от патогенной микрофлоры и токсичных загрязнений, с одновременным снижением энергетических и трудовых эксплуатационных затрат, что достигается благодаря возможности автоматизации управления установкой. Разработанная установка может быть смонтирована на покатой крыше здания, для максимальной доступности к солнечному облучению.

#### ЛИТУРАТУРА

1. INTERNET: <http://www.bwt.ru/useful-info/1341>. «*Легионеллы в бойлере: причины их появления, размножения и методы борьбы с ними*».
2. Brevet Nr. 4738 MD. COVALIOVA, Olga; COVALIOV, Victor; UNGUREANU, Dumitru; COPTIUG, Eduard. *Instalația de decontaminare a toxinelor organice și bacteriilor din mediul acvatic.*