



Москва

Тел./Факс: 8 (800) 100-123-7 (Звонки по России бесплатно);

+7 (495) 617-19 -45, -46, -47, -48; +7(499) 795-77-86

E-mail: [svarog@svarog-uv.ru](mailto:svarog@svarog-uv.ru)

## **Контроль патогенных микроорганизмов в холодной воде, используемой в пищевой промышленности.**

На птицефабриках в США птица забивается, быстро ощипывается и потрошится, затем тушки пропускаются через емкость с холодной водой, где они очищаются и охлаждаются перед дальнейшей обработкой. Емкости с холодной водой для обработки птицы могут быть достаточно большими, их размеры могут доходить до размеров общественного плавательного бассейна, и если воду в этих емкостях использовать только один раз, это значительно увеличит стоимость обработки мяса птицы. В результате появилась потребность в повторном использовании холодной воды. Однако использованная холодная вода должна удовлетворять очень строгим предписаниям Министерства земледелия США (USDA), касающимся микробиологических параметров и оптической прозрачности и направленным на уменьшение возможности образования патогенных организмов. Предписания USDA (USDA, 1997) допускают повторную обработку воды, если такая обработка обеспечивает, по крайней мере, 60 - процентное сокращение общего содержания микроорганизмов, в том числе снижение в том же соотношении (с возможным отклонением  $\pm 10\%$ ) колиформ, E.coli и Salmonella, а также поддержание прозрачности (для света с длиной волны 500 нм) на уровне не менее чем 60% прозрачности свежей воды.

Diaz и др. (2001) выполнили состоящее из двух фаз исследование комбинированного влияния ультрафиолетового излучения и озона на отводимую холодную воду на птицефабрике в штате Джорджия, США. В первой фазе исследования проводились тесты, чтобы понять механизм наблюдаемого усиленного влияния обработки ультрафиолетовым излучением и озоном при повторно воспроизводимых условиях. Во второй фазе определялась эффективность обработки ультрафиолетом / озоном для удаления из холодной воды микроорганизмов Salmonella.

### **Экспериментальные методы - пробы Salmonella typhimurium.**

Содержание Salmonella typhimurium в применяемой на птицефабрике холодной воде обычно очень невелико, или эти микроорганизмы вообще там отсутствуют (например, содержание  $< \log 0,4-1,0$  CFU / мл). Поэтому авторы брали в холодной воде образцы модифицированных штаммов, устойчивых к налидиксовой кислоте (NAL), - штаммов Salmonel - la 4415.

### **Результаты - пробы отводимой холодной воды.**

И озон, и ультрафиолетовое излучение сами по себе уменьшают APC. Однако сочетание озона и ультрафиолетового излучения вызывало синергическое взаимодействие. При наличии такого взаимодействия конечные результаты для разных дозировок озона были различными при разных дозах ультрафиолетового излучения. На графике профиля видно, что линия среднего значения для дозы озона 5,11 мг/л в минуту всегда ниже и не параллельна линиям средних значений для доз 0 и 2,55 мг/л в минуту, при условии проводимой до этого дезинфекции при помощи ультрафиолетового излучения и

добавления в установку насосной станции для повторного использования отводимой воды.

Такое новое оборудование применяется в г.Фриско. При использовании резервуара ультрафиолетовой установки обрабатываемая отводимая вода направляется в резервуар через контрольный модуль. Резервуар ультрафиолетовой установки имеет пропускную способность 5,0 mgd; избыток воды при расходе выше 5,0 mgd отводится через перемычку в контрольном модуле, в обход насосной станции, и выводится в выводной коллектор.

Канал ультрафиолетовой установки представляет из себя открытую бетонную конструкцию, содержащую десять модулей, каждый из которых содержит сорок ультрафиолетовых ламп низкого давления. Ширина канала равна четырем футам, глубина - пяти футам и пяти дюймам, он защищен светозащитной блендой. Выпускные перемычки используются для поддержания постоянного уровня воды в канале. Обработанная вода из ультрафиолетового канала протекает через люк в сборный колодец насосной станции отводимой воды, после чего вода может перекачиваться для повторного использования или может быть выпущена в выводной коллектор.

### **Лабораторные и полномасштабные испытания.**

Компания Black & Veatch поддерживала д - ра Джеймса Малли (James Malley) из Университета Нью Хемпшир (UNH) в разработке лабораторного или коллимированного пучка, а также при ведении полномасштабных протоколов испытаний. Целью проведения испытаний с использованием коллимированного пучка было определение степени инактивации бактериофага MS-2 в лабораторных образцах, взятых из выходящего потока установки Stewart Creek. Результаты полномасштабных испытаний в реальных условиях, вместе с исследованиями при помощи коллимированного пучка, были использованы для расчета надежной ультрафиолетовой дозы для имеющегося экспериментального ультрафиолетового оборудования. Такая доза часто называется в литературе эквивалентной дозой сокращения (RED), т. к. она определяется по известному сокращению (инактивации) тестовых организмов, применяемых в биодозиметрии, в данном случае вируса бактериофага MS-2. При использовании как сравнительно устойчивых к ультрафиолетовому излучению организмов, таких как MS-2, так и чувствительных к ультрафиолету организмов, таких как колиформы и НРС, можно установить дозу облучения ультрафиолетовой системой и эффективное логарифмическое сокращение ооцист *Cryptosporidium parvum* (чувствительных к ультрафиолетовому излучению организмов) в полномасштабной ультрафиолетовой системе.

При лабораторных испытаниях отводимая вода собиралась NTMWD и посылалась в UNH. Кривые влияния доз ультрафиолетового излучения получены при отборе проб на MS-2, *Cryptosporidium* и *E.coli* в отводимой воде предприятия по водообработке Stewart Creek. При полномасштабных испытаниях выполнялся ввод пробного вируса MS-2 в отводимую после фильтра воду на фабрике East Plant, а затем забор пробы воды, входящей в ультрафиолетовый канал. Пробы отводимой воды анализировались в UNH на содержание MS-2 и НРС. В NTMWD проводился дополнительный анализ на фекальные колиформы. Во время испытаний расход на фабрике поддерживался на постоянном уровне, равном 1,74 mgd. Для каждого набора проб количество использованных ультрафиолетовых ламп изменялось от 20 до 400 для выбора оптимальной дозы облучения, производимого ультрафиолетовой системой. Вирус MS-2 дозировался дозирующим насосом, расположенным на платформе, установленной над установкой.

## **Оценка экономических показателей.**

Результаты этих исследований показывают, что в отводимой воде микроорганизмы *Cryptosporidium* могут быть инактивированы при значительно более низких дозах ультрафиолетового излучения, чем для фекальных колиформ. (Обычно для обеспечения через 30 дней среднего геометрического содержания фекальных колиформ, равного 200 колиформ в 100 мл, требуются дозы от 20 до 30 мДж/см<sup>2</sup>). Проверки, проводившиеся в ходе этого исследования, показали, что шестикратный логарифмический показатель инактивации *Cryptosporidium* может быть достигнут при дозах менее 7 мДж/см<sup>2</sup>. Так как предписания NPDES требуют, чтобы в системах сбросных вод не превышались пределы для фекальных колиформ, для инактивации *Cryptosporidium* не требуются никакие дополнительные затраты, связанные с применением установок обработки сбросной воды. Если такие установки необходимы только для обеспечения предельных значений содержания *Cryptosporidium*, капитальные затраты снижаются, но в этом случае будет необходимо заплатить за патентную лицензию, исходя из тарифа 0,015 доллара на 1000 галлонов обработанной сбросной воды. Эти затраты должны быть включены в эксплуатационные затраты и затраты на техническое обслуживание.

## **Приложения повторного использования.**

В 1993 г. Институт использования национальных водных ресурсов (NWRI) рекомендовал стандарты для дезинфекции утилизируемой воды ультрафиолетовым излучением. Данные стандарты были позже одобрены Министерством здравоохранения Калифорнии и известны под названием «Книга 22». Эти стандарты включают в себя следующие критерии:

- наличие в отчете раздела о коллимированном пучке;
- энергетическое влияние;
- мутность отфильтрованной отходящей воды должна быть не более 2 NTU;
- общее содержание колиформ - не более 2,2 cfu на 100 мл;
- эффективность инактивации вирусов эквивалентна эффективности, обеспечиваемой дезинфекцией хлора (логарифмический показатель, равный четырем).

Свод административных положений Техаса (TAG) 30 TAC 210.33(2)(B), принятый в 1997 г., установил возможное использование утилизированной воды типа I и типа II. Тип I утилизированной воды может использоваться в местах, в которых во время полива могут находиться люди. Требования для воды типа I включают следующее:

- насыщение кислородом - 6 мг/л;
- мутность - 3 NTU;
- содержание фекальных колиформ - среднее геометрическое через 30 дней равно 20 cfu в 100 мл и не более 75 cfu в 100 мл.

Вода типа II может использоваться только в местах, где во время полива люди не входят в контакт с водой. Требования для воды типа II включают следующее:

- насыщение кислородом - 30 мг/л ;
- содержание фекальных колиформ - среднее геометрическое через 30 дней равно 200 cfu в 100 мл и не более 800 cfu в 100 мл.

В декабре 2000 г. NWRI обновил стандарты использования ультрафиолетового излучения для утилизированной воды и включил туда следующие требования фильтрации:

- при максимальной дневном расходе расчетная доза должна равняться 100 мДж/см<sup>2</sup>;
- прозрачность отфильтрованной отводимой воды должна составлять не менее 55% для света с длиной волны 254 нм;
- среднесуточная мутность не должна превышать значения 2 NTU;
- конструкция цепи реакторов, а также условия впуска и выпуска воды должны обеспечивать пробковый режим;
- во время приемочных испытаний должно проводиться гидравлическое тестирование.

Следует отметить, что в настоящее время ни предписания NWRI, ни нормы повторного использования ТАС не содержат требований инактивации микроорганизмов *Cryptosporidium*. Спецификации предприятия по обработке сточных вод Stewart Creek требуют дозы ультрафиолетового излучения, равной 45 мДж/см<sup>2</sup> при расходе 5 mgd, 65 - процентной прозрачности и 75 - процентного КПД лампы. Результаты исследований показывают, что система может достигать десятикратного логарифмического показателя снижения содержания фекальных колиформ при расчетной дозе 45 мДж/см<sup>2</sup> и удовлетворять требованиям для повторно используемой воды типа I, указанным в 30 ТАС 210.33(2)(B). Кроме того, результаты этого исследования показывают, что могут быть достигнуты логарифмический показатель инактивации MS-2, равный 3,23, и дополнительный показатель инактивации *Cryptosporidium*, равный 10. При расходе 1,74 mgd, который применялся во время этих испытаний, в системе достигалось сокращение MS-2, превышающее по логарифму значение 5, при использовании дозы ультрафиолетового излучения 79 мДж/см<sup>2</sup>, что соответствует требованиям NWRI. При дозе 79 мДж/см<sup>2</sup> система может обеспечивать сокращение содержания *Cryptosporidium*, соответствующее логарифмическому показателю, большему пяти.

Хотя система не рассчитывалась на соблюдение требований нового стандарта NWRI, она может работать при значительно меньшем расходе, чем требуется требованиями для величины дозы. Результаты анализов образцов отходящей воды, собранных во время исследований, показывают, что значения прозрачности и мутности соответствуют предписаниям NWRI. Для проверки гидравлических условий в реакторе необходимы дополнительные проверки, чтобы убедиться, что он соответствует установленным предписаниям.

Результаты исследований показывают, что дезинфекция ультрафиолетовым излучением может инактивировать микроорганизмы *Cryptosporidium* в обработанных сточных водах. Намечаемые предписания по питьевой воде (стадия 2 - Правила применения дезинфицирующего вещества и учета побочных продуктов дезинфекции, а также правило долгосрочной усовершенствованной обработки поверхности воды) будут затрагивать эффективность ультрафиолетового излучения при инактивации микроорганизмов *Cryptosporidium* в питьевой воде. EPA подготовило предварительный отчет о проекте

предписаний для использования ультрафиолетового излучения в индустрии питьевой воды. Принятие EPA технологии ультрафиолетового излучения указывает на признание преимуществ ее применения для улучшения параметров окружающей среды.

Литературные источники, на которые имеются ссылки в отчете, указывают на то, что ультрафиолетовое излучение может эффективно дезинфицировать как сточные воды, так и утилизированную или повторно используемую воду. Ультрафиолетовое излучение может обеспечить дезинфекционный барьер, и для инактивации микробиологических организмов обычно совершенно нет необходимости использовать ультрафиолетовое излучение совместно с другими методами.

При использовании стандартов, таких как NWRI и TAC, доверие общественности к безопасности обработанных сточных вод может увеличиться. Со времени установления предписаний NWRI в 1993 г. количество установок, использующих ультрафиолетовое излучение для дезинфекции утилизированных сточных вод, превысило 100. Дополнительным преимуществом ультрафиолетового излучения является то, что при его использовании отпадает необходимость хранения на месте газообразного хлора.

### **Экономическая оценка.**

Результаты этого исследования показывают, что микроорганизмы *Cryptosporidium* в сточной воде могут быть инактивированы при использовании существенно более низких доз ультрафиолетового излучения, чем для инактивации фекальных колиформ.

Для обеспечения в течение 30 дней геометрически среднего содержания 200 фекальных колиформ в 100 мл воды обычно требуются дозы от 20 до 30 мДж/см<sup>2</sup>. Испытания, проводившиеся во время этих исследований, показали, что при использовании ультрафиолетового излучения доз не более 7 мДж/см<sup>2</sup>, может быть достигнута инактивация *Cryptosporidium*, соответствующая логарифмическому показателю, равному шести. Так как NPDES допускает, чтобы предприятия по обработке сточных вод задавали предельные значения фекальных колиформ, для инактивации *Cryptosporidium* в системах обработки сточных вод дополнительные затраты не потребуются. Если для установок обработки сточных вод требуется обеспечение предельных значений только для *Cryptosporidium*, капитальные затраты будут ниже, но в этом случае будет необходимо заплатить за патентную лицензию, исходя из тарифа 0,015 доллара на 1000 галлонов обработанной сбросной воды. Эти затраты должны быть включены в эксплуатационные затраты и затраты на техническое обслуживание.

### **Резюме.**

Исследования, проводившиеся NTMWD и соответствующими структурами г.Фриско, показали, что ультрафиолетовая система может инактивировать микроорганизмы *Cryptosporidium*, если для этих микроорганизмов будут установлены предписания TSEQ. Ультрафиолетовая система может обеспечить достаточную дозу облучения для того, чтобы отводимая вода могла удовлетворять требованиям для повторно используемой воды типа I. Проводятся дополнительные исследования для выявления влияния дезинфекции ультрафиолетовым излучением на вирусы в отводимой сточной воде.

**Генеральный директор ЗАО «Сварог», Действительный член Всемирной Академии Наук Комплексной Безопасности А.Н. Ульянов**