

## Сравнение различных методов обеззараживания сточных вод.

*Производственно - практический журнал «Водоснабжение и водоотведение»- №3/13 – 2013 - С.20 – 25*

Шаляпин Сергей Николаевич - академик Инженерной Академии Украины, ООО «Харьковская электротехническая компания», директор.

Штонда Юрий Иванович - академик Инженерной Академии Украины, ООО «НПФ ЭКВИК», директор.

Шаляпина Татьяна Сергеевна - Киевский национальный университет строительства и архитектуры, аспирант.

Согласно европейским стандартам сточные воды делятся на пять классов опасности. К первому и наименее опасному типу относятся сточные воды, в которых отсутствуют вредные для здоровья токсичные вещества, придающие воде неприятные привкусы и запахи. Ко второму типу относятся сточные воды, имеющие неприятные привкусы, запах и окраску. К третьему - те, что содержат довольно небольшое количество вредных веществ. К четвертому типу относятся сточные воды, содержащие ядовитые, канцерогенные или радиоактивные вещества. И, наконец, к пятому и особо опасному типу относятся сточные воды, содержащие большое количество возбудителей инфекционных заболеваний.

Практически все сточные воды содержат возбудителей таких опасных заболеваний как холера, дизентерия, тиф, сальмонеллез, вирусный гепатит, полиомиелит, энтеровирусные и аденовирусные инфекции, лямблиоз, лептоспироз, бруцеллёз, туберкулёз, гельминтозы и другие. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 65% населения земного шара имели инфекционные заболевания, обусловленные загрязнением водоемов, в том числе и сточными водами.

Микробиологическое качество сточных вод регламентируется следующими показателями [1]:

- вода не должна содержать возбудителей инфекционных заболеваний;
- коли - индекс сточных вод не должен превышать 1000 КУО/дм<sup>3</sup>;
- содержание колифагов не должен превышать 1000 БУО/дм<sup>3</sup>;
- вода не должна содержать жизнеспособных яиц гельминтов, онкосферы тениид и жизнеспособных цист патогенных кишечных простейших.

Учитывая большую эпидемиологическую опасность, очистные сооружения, на которых происходит очистка сточных вод, в обязательном порядке должны иметь специальное оборудование для обеззараживания очищенной сточной воды. На сегодняшний день в практике очистки сточных вод применяются три основных метода обеззараживания: хлорирование, озонирование и обеззараживание с помощью ультрафиолетового (УФ) излучения. Методы хлорирования и озонирования относятся к химическим методам обеззараживания. Принцип их действия основан на окислении оболочек клеток микроорганизмов, что приводит к их разрушению, и как следствие, к гибели самих микроорганизмов. Процесс обеззараживания в среднем длится 30 - 90 минут, что требует наличия соответствующих реакционных камер, или достаточной длины коллектора, в

котором будет проходить процесс обеззараживания. Метод УФ обеззараживания относится к физическим методам. Обеззараживание очищенной сточной воды происходит в результате мгновенного повреждения клеток микроорганизмов коротковолновым ультрафиолетовым излучением. Длительность обеззараживания составляет несколько секунд, что позволяет использовать этот метод без применения реакционных камер или контактных резервуаров и коллекторов. Кроме того, при ультрафиолетовом облучении сточных вод (в отличие от химических методов обеззараживания) происходит эффективное уничтожение таких опасных вирусов как гепатит, полиомиелит, а также энтеровирусов, аденовирусов и др. [2].

На эффективность обеззараживания сточных вод влияют следующие показатели:

- общее содержание в воде органических веществ;
- концентрация взвешенных веществ,
- начальная концентрация бактерий и вирусов;
- температура и водородный (для химических методов обеззараживания) показатель воды обеззараживается;
- количество реагентов, попадающих в воду, или количество энергии УФ излучения, которая поглощена микроорганизмами (величина дозы УФ излучения) и т.д.

### **Обзор методов обеззараживания очищенных сточных вод.**

Среди химических методов обеззараживания наиболее распространённый в настоящее время является технология хлорирования. Широкое внедрение этой технологии обусловлено, прежде всего, её относительной простотой и небольшими эксплуатационными расходами. Для обеззараживания сточных вод используются как газообразный хлор  $\text{Cl}_2$ , так и гипохлорит натрия  $\text{NaClO}$  или диоксид хлора  $\text{ClO}_2$ . Широкое использование газообразного хлора и гипохлорита натрия обусловлено их доступностью и небольшой ценой. Обеззараживание сточных вод с помощью хлора или гипохлорита натрия обеспечивает достаточно высокую бактерицидную эффективность и низкие эксплуатационные расходы. Однако их использование имеет недостаточно высокую эффективность в отношении вирусов, присутствующих в сточных водах. Более высокую эффективность в отношении вирусов имеет диоксид хлора  $\text{ClO}_2$ . При обработке воды диоксидом хлора процент выживших клеток, бактерий и вирусов гораздо меньше, чем при применении хлора в той же концентрации и при таком же времени контакта. Однако увеличение загрязнённости воды органическими соединениями и взвешенными веществами существенно уменьшает обеззараживающее действие хлора и его производных, что приводит к необходимости значительного (в несколько раз) повышения доз реагента. Кроме того, применение технологии обеззараживания сточных вод с помощью хлора и хлорсодержащих реагентов требует внедрения достаточно эффективных мер безопасности, что приводит к росту себестоимости обеззараживания. Кроме того диоксид хлора имеет повышенную взрывоопасность и является достаточно дорогим реагентом.

Несмотря на высокую эффективность обеззараживания, хлорирование (при дозе остаточного хлора  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ ) не обеспечивает необходимой санитарно - эпидемической безопасности относительно присутствующих в сточных водах вирусов, цист простейших,

лямблий и устойчивых к действию хлора форм микроорганизмов, что приводит к микробиологическому загрязнению городских систем водоотведения. Отрицательным свойством хлорирования также является образование таких опасных хлорорганических соединений как тригалогенметаны, хлорфенолы, хлорамины, а также различные диоксиды, образующиеся при взаимодействии хлорированной воды с фенольными соединениями, находящимися в сточных водах. Эти хлорорганические соединения обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью. Они обладают повышенной устойчивостью к биологическому окислению и не поддаются удалению при биологической очистке на очистных сооружениях.

В последние годы поднимается вопрос о необходимости полного отказа от хлорирования сточных вод при их очистке. Так, согласно действующим в Российской Федерации нормативным документам [3] по организации государственного санитарно - эпидемиологического надзора за обеззараживанием сточных вод, количество остаточного хлора в сточных водах, сбрасываемых в водоёмы, не должно превышать  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ . Но даже такое небольшое количество остаточного хлора оказывается очень токсичным для флоры и фауны водоёмов и приводит к практически полному прекращению процессов самоочищения этих водоёмов. Беспокойство, вызванное повышенной токсичностью следов остаточного хлора и хлораминов, диктует необходимость снижения остаточной концентрации хлора до  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ .

Как уже указывалось, наряду с хлорированием для обеззараживания сточных вод также используется метод озонирования. При сравнении с методом обеззараживания сточных вод с помощью хлора озон имеет более сильное бактерицидное, вирулицидное и спороцидное действие. Он эффективно разрушает оболочки клеток бактерий, вирусов, спор, плесени, что приводит к их гибели. Благодаря высокому окислительному потенциалу озон вступает во взаимодействие со многими органическими веществами и обеспечивает их трансформацию в минеральные соединения. Однако применение озона для обеззараживания сточных вод имеет свои особенности. Так при наличии в сточной воде достаточно высоких концентраций органических соединений в обработанной озоном воде могут образовываться токсичные вещества. Поэтому обеззараживание сточных вод озоном целесообразно применять после ее предварительной очистки, обеспечивающей снижение содержания взвешенных веществ до  $3 - 5 \text{ мг/дм}^3$  и БПК<sub>полн</sub> до  $10 \text{ мг/дм}^3$ .

Принципиальные трудности при обеззараживании сточных вод озоном связаны с достаточно большими затратами электроэнергии, которая необходима для получения озона, сложностью электроразрядных озонаторов, низкой растворимостью озона в теплой воде, высокой токсичностью самого озона и возможностью образования токсичных побочных продуктов. Вследствие образования в воде органических соединений, которые являются питательной субстанцией для бактерий, озонирование сточных вод может способствовать вторичному росту микроорганизмов, что значительно снижает эффективность процесса обеззараживания. Как уже отмечалось, обеззараживание сточных вод озоном требует достаточно больших затрат электроэнергии, удельные расходы которой составляют от  $27 - 35 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  на  $1 \text{ кг}$  озона (полученного из осушенного воздуха) до  $43 - 57 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  на  $1 \text{ кг}$  озона (который получен из неосушенного воздуха) [5]. Что приводит к достаточно высоким эксплуатационным расходам. Это резко ограничивает область применения озоновых

технологий для обеззараживания сточных вод. Применение озона для обеззараживания сточных вод становится целесообразным на заключительном этапе очистки сточных вод, когда для достижения обеззараживающего эффекта требуется значительно меньший расход озона или требуется получить более высокую степень очистки сточных вод и обеспечить обезвреживание присутствующих в воде токсичных соединений.

Одним из наиболее эффективных и действенных методов обеззараживания, которое приводит к дезинфекции сточных вод и не способствует образованию в обеззараженной воде опасных токсичных соединений, оказался метод обеззараживания воды с помощью её ультрафиолетового облучения. УФ излучение является губительным для большинства присутствующих в воде микроорганизмов. Особенно опасными УФ излучение действует на бактерии и вирусы, которые возбуждают такие опасные заболевания, как дизентерия, холера, тиф, туберкулёз, вирусный гепатит, полиомиелит и другие. УФ обеззараживание воды осуществляется за счёт прямого действия ультрафиолетовых лучей на клеточную и молекулярную структуру микроорганизмов, вызывает разрушение молекул ДНК и повреждение оболочек клеток микроорганизмов, что приводит к их мгновенной гибели. Обеззараживание воды с помощью УФ излучения осуществляется без внесения в воду вредных химических соединений. Единственным условием применения метода УФ обеззараживания является правильно выбранная доза УФ облучения, т.е. количество ультрафиолетовой энергии, которая необходима для уничтожения находящихся в воде микроорганизмов.

Благодаря высокой эффективности обеззараживания и своей простоте технология УФ обеззараживания воды получает все большую популярность. Так только в Северной Америке более 1500 муниципалитетов используют ультрафиолетовое облучение для обеззараживания сточных вод. Крупнейшая в мире станция УФ обеззараживания сточных вод, производительностью более 1 млн. м<sup>3</sup>/сут, расположена в г. Калгари (Канада). Технология УФ обеззараживания сточных вод начала активно применяться в России и Украине. Появление мощных и энергосберегающих источников УФ - излучения с достаточно большим ресурсом (более 16000 часов) и новые конструктивные решения УФ установок сделали этот метод конкурентоспособным, по сравнению с химическими методами обеззараживания, особенно при учёте повышения устойчивости микрофлоры к воздействию на неё хлора, озона и ультрафиолета. За последние 15 - 20 лет устойчивость патогенной микрофлоры к влиянию на неё хлора повысилась в 5 - 6 раз, к воздействию озона в 2 - 3 раза, к ультрафиолету в 2 - 4 раза. Это означает, что с учётом дальнейшего повышения устойчивости микроорганизмов к обеззараживающим факторам, при проектировании очистных сооружений, необходимо закладывать повышенные дозы хлора или озона, что, безусловно, приведёт к дальнейшему загрязнению водоемов токсичными продуктами хлорирования и озонирования. К счастью, повышение дозы ультрафиолетового облучения с 20 - 30 мДж/см<sup>2</sup> до 40 - 100 мДж/см<sup>2</sup> в силу своей природы не окажет отрицательного воздействия на окружающую среду. Однако повышение дозы УФ облучения требует повышения энергоёмкости процесса обеззараживания.

Опыт применения технологии УФ для обеззараживания показывает, что при использовании УФ излучения для обеззараживания сточных вод необходимо учитывать все факторы, влияющие на процесс дезинфекции. В настоящее время накоплено достаточно

материала по воздействию УФ облучения на различные виды микроорганизмов. При этом установлено, что УФ излучение действует на вирусы намного эффективнее, чем хлор, и не приводит (в отличие от хлорирования или озонирования) к образованиям в сточных водах токсичных веществ, что в свою очередь делает целесообразным широкое внедрение УФ технологий обеззараживания сточных вод на малых, средних и крупных очистных сооружениях. Кроме того применение УФ облучения для обеззараживания ливневых, хозяйственных и бытовых сточных вод, сбрасываемых в открытые водоемы, реки и море, в отличие от химических методов обеззараживания, в наиболее полной мере отвечает требованиям по охране окружающей среды [6].

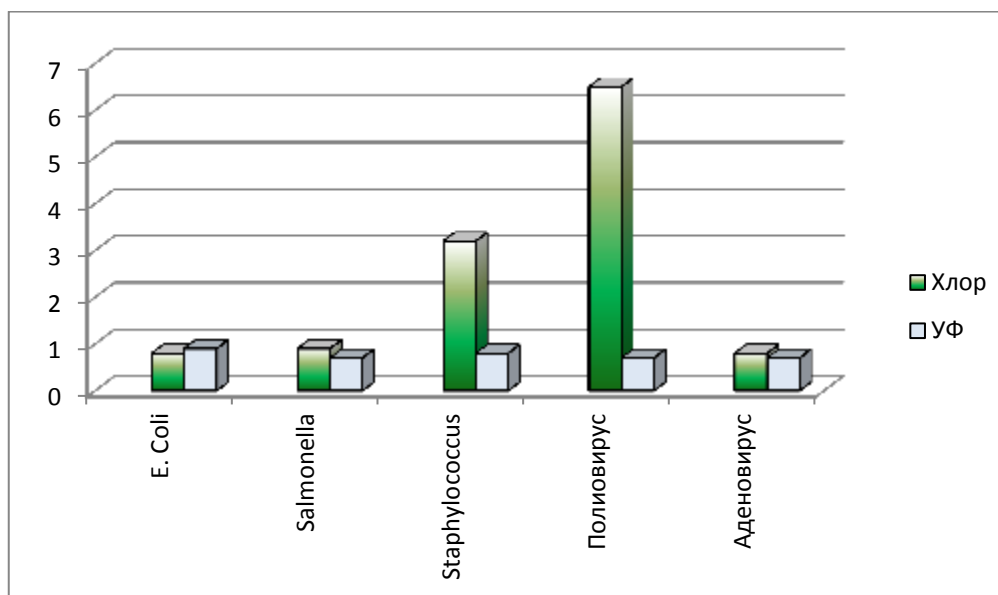


Рис.1. Относительные дозы хлора и УФ облучения, которые необходимы для обеззараживания сточных вод [7].

Дальнейшее развитие технологий обеззараживания сточных вод способствовало появлению еще одного метода обеззараживания - так называемого комбинированного метода или технологии активного окисления (Advanced Oxidation Process). Суть этого метода заключается в совместной обработке воды ультрафиолетовым излучением и окислителем, таким как озон, пероксид водорода или гипохлорит натрия. Применение такой обработки воды позволяет не только обеспечить высокую эффективность уничтожения бактерий и вирусов, находящихся в воде, но и исключить загрязнение воды токсичными хлорорганическими соединениями. Кроме того применение комбинации ультрафиолетового излучения с озоном, пероксидом водорода или гипохлоритом натрия обеспечивает снижение цветности воды, деструкцию органических находящихся в воде загрязнителей, а также обеспечивает эффективное уничтожение грибов, плесени и размножающихся в воде водорослей.

При выборе метода комбинированной обработки воды особое внимание следует обращать на экономическую целесообразность и технологическую возможность его применения. Так, при применении для обработки воды УФ излучения и озона (УФ + O<sub>3</sub>) необходимо учитывать, что озон является токсичным и очень неустойчивым газом. В связи с

чем, его необходимо получать непосредственно на месте эксплуатации обеззараживающего оборудования. При этом необходимо соблюдать строгие меры безопасности, так как концентрация озона в зоне нахождения обслуживающего персонала не должна превышать предельно - допустимой концентрации (ПДК <math>0,1 \text{ мг/м}^3</math>). Кроме того, получение озона связано со значительными энергозатратами (27 - 57 кВт · год/кгO<sub>3</sub>). Поэтому на средних и особенно крупных очистных сооружениях становится целесообразным применение вместо озона других окислителей, например, пероксида водорода или гипохлорита натрия, т.е. становится целесообразным применение метода обеззараживания воды, основанного на совместном действии ультрафиолетового облучения и пероксида водорода (УФ + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) или гипохлорита натрия (УФ + NaOCl) .

Пероксид водорода представляет собой бесцветную жидкость. Ввод в обеззараживаемую воду пероксида водорода производится с помощью широко распространенных дозирующих насосов, применяемых для введения в воду гипохлорита натрия. Принцип обеззараживания сточных вод методом комбинированной обработки ультрафиолетовым излучением и пероксидом водорода основан на явлении фотолиза пероксида водорода под действием УФ излучения. При ультрафиолетовом облучении пероксида водорода происходит его разложение и образование свободных радикалов OH<sup>·</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и 2OH<sup>·</sup>, которые являются одними из самых сильных и экологически безопасных окислителей. Они способны разрушать достаточно стойкие органические соединения и микроорганизмы, в том числе такие, как цисты лямблий, споры грибов, плесень, водоросли и органические соединения, которые размножаются в воде и придают ей зеленоватый цвет и неприятный болотистый запах.

Образующиеся в результате фотолиза свободные радикалы не являются устойчивыми веществами, они быстро разлагаются на воду и кислород. Продолжительность рекомбинации свободных радикалов, которые образуются в воде в результате фотолиза пероксида водорода, не превышает несколько десятков минут. В результате чего концентрация остаточного пероксида водорода не превышает предельно допустимых значений: 0,1 и 0,01 мг/дм<sup>3</sup> в водоёмах культурно - бытового и рыбохозяйственного назначения соответственно. Следует заметить, что при применении комбинированного метода обеззараживания (Advanced Oxidation Process), расход озона или пероксида водорода, или гипохлорита натрия значительно меньше, чем при их раздельном использовании. Это положительно сказывается на себестоимости обеззараживания сточных вод. Ниже приведена сравнительная таблица эффективности применения химических, физических и комбинированных методов, применяемых для обеззараживания сточных вод.

Таблица 1 - Сравнительная таблица различных методов обеззараживания сточных вод

| <i>Показатели</i>   | <i>Качественные показатели эффективности применения различных методов обеззараживания сточных вод</i> |                             |           |                   |  |                  |   |
|---|---|-----------------------------|-----------|-------------------|--|------------------|---|
|   | <i>Cl<sub>2</sub> (NaOCl)</i>   | <i>Озон (O<sub>3</sub>)</i> | <i>УФ</i> | <i>УФ + NaOCl</i> | <i>УФ + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></i> | <i>УФ + Озон</i> | <i>Озон + УФ + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></i> |
| Уничтожение бактерий  | +   | +                           | +         | +                 | +                                      | +                | +   |
| Уничтожение вирусов   | -   | +                           | +         | +                 | +                                      | +                | +   |
| Уничтожение простейших микроорганизмов                                  | ±   | ++                          | +         | ++                | ++                                     | ++               | ++  |
| Образование токсинов  | +   | +                           | -         | -                 | -                                      | -                | -   |
| Окислительная способность   | +   | ++                          | +         | +                 | ++                                     | ++               | +++   |
| Деструкция органических веществ, сине-зелёных водорослей, плесени и др. | +   | ++                          | ++        | ++                | ++                                     | ++               | +++   |
| Снижение цветности воды и интенсивности её запахов                      | +   | ++                          | ++        | ++                | ++                                     | ++               | +++   |
| Снижение ХПК и БПК  | +   | +                           | +         | +                 | +                                      | +                | +   |
| Увеличение прозрачности воды  | ±   | ++                          | +         | ++                | ++                                     | ++               | +++   |
| Наличие в воде остатков хлорорганических веществ                        | ++  | -                           | -         | ±                 | -                                      | -                | -   |

#### **Экономические особенности применения различных методов обеззараживания.**

Эффективность действия того или иного метода обеззараживания зависит от многих факторов, в том числе от начальной концентрации взвешенных веществ, исходного количества бактерий, вирусов и простейших микроорганизмов, находящихся в воде, а также от других её показателей. На качество обеззараживания сточной воды влияет количество

обеззараживающих реагентов, которые добавляются в воду, или величина дозы ультрафиолетового облучения. Все эти факторы влияют на экономические показатели процесса обеззараживания.

Для оценки себестоимости процесса обеззараживания сточных вод необходимо оценить удельные затраты, которые необходимо понести для осуществления обеззараживания 1 м<sup>3</sup> стоков. Эти расходы состоят из стоимости хлора или гипохлорита натрия, стоимости их транспортировки к очистным сооружениям и эксплуатационных расходов (которые в свою очередь состоят из расходов на заработную плату обслуживающего персонала), расходов, связанных с обеспечением мер безопасной эксплуатации хлораторного или озонаторного оборудования и др.

Согласно действующим нормам расход хлора для обеззараживания 1 дм<sup>3</sup> сточных вод составляют от 5 до 10 мг активного хлора. То есть удельный расход активного хлора для обеззараживания 1 м<sup>3</sup> стоков составляют от 5 до 10 г/м<sup>3</sup>. Учитывая, что цена 1 тонны хлора составляет 6500 грн., а гипохлорита натрия 3300 грн./т (при массовом содержания активного хлора 11 - 13%), стоимость хлора, который необходимо затратить для обеззараживания 1 м<sup>3</sup> стоков составит 0,032 - 0,065 грн./м<sup>3</sup>. Количество гипохлорита натрия, который необходимо использовать для обеззараживания 1 м<sup>3</sup> сточных вод (при среднем массовом содержания активного хлора 12%), будет в 8,3 раза больше, чем хлора. То есть для обеззараживания 1 м<sup>3</sup> сточных вод с помощью гипохлорита натрия необходимо потратить 41,5 - 83 грамм этого реагента. При этом удельная стоимость гипохлорита натрия, который необходимо использовать для обеззараживания 1 м<sup>3</sup> сточных вод составит 0,137 - 0,274 грн./м<sup>3</sup>. Оценивая стоимость эксплуатационных расходов, связанных с процессом обеззараживания сточных вод хлором или гипохлоритом натрия в 10 - 15% стоимости используемых реагентов, с достаточной вероятностью можно оценить себестоимость самого процесса обеззараживания стоков, которая составит: для технологического процесса с применением хлора - 0,035 - 0,075 грн./м<sup>3</sup>, для технологического процесса с применением гипохлорита натрия - 0,15 - 0,315 грн./м<sup>3</sup>.

Аналогично можно оценить себестоимость обеззараживания сточных вод озоном. Учитывая, что расход озона для обеззараживания сточных вод составляют от 6 до 10 мгО<sub>3</sub>/дм<sup>3</sup>, и то, что для получения 1 кг озона необходимо потратить от 27 до 57 кВт·ч электроэнергии, можно оценить себестоимость процесса обеззараживания сточных вод озоном. Удельные затраты электроэнергии для осуществления процесса обеззараживания сточных вод составляют 0,16 - 0,57 кВт·ч/м<sup>3</sup> сточных вод. При стоимости электроэнергии, равной 1,2 грн./кВт·ч, стоимость электроэнергии, которая необходима для обеззараживания 1 м<sup>3</sup> сточных вод, составит 0,194 - 0,648 грн./м<sup>3</sup>. Оценивая затраты, связанные с эксплуатацией озонаторов в 10 - 15% затраченной электроэнергии, можно приблизительно оценить себестоимость обеззараживания сточных вод озоном. Эта себестоимость составит 0,213 - 0,745 грн./м<sup>3</sup>.

При обеззараживании сточных вод ультрафиолетовым облучением основными факторами, которые влияют на себестоимость процесса обеззараживания, являются удельные расходы электроэнергии, ресурс УФ ламп, их стоимость и расходы, связанные с непосредственной эксплуатацией УФ оборудования. Учитывая, что удельные затраты электроэнергии для обеззараживания 1 м<sup>3</sup> предварительно очищенных стоков составляют от



20 до 30 Вт/м<sup>3</sup>, стоимость затраченной на обеззараживание 1 м<sup>3</sup> сточных вод электроэнергии составит 0,024 - 0,036 грн./м<sup>3</sup>. Учитывая цены на УФ лампы, их ресурс (9000 - 16000 часов), а также среднюю удельную производительность УФ ламп, которая при обеззараживании очищенных сточных вод составляет 0,04 - 0,05 м<sup>3</sup>/(Вт·ч), становится возможным оценить удельную стоимость УФ ламп, которая составляет 0,017 - 0,024 грн./м<sup>3</sup>. Также учитывая, что современные УФ установки практически не требуют обслуживания, эксплуатационными затратами которые связаны с их техническим обслуживанием можно пренебречь. Подсчитывая удельные расходы, связанные с затратами на используемую электроэнергию и закупку УФ ламп, можно сделать вывод, что удельные затраты на УФ обеззараживания предварительно очищенных сточных вод составляют 0,041 - 0,06 грн./м<sup>3</sup>. Что практически совпадает с удельными затратами обеззараживания очищенных сточных вод хлором и значительно ниже, чем при обеззараживании стоков гипохлоритом натрия или озоном.

Учитывая экологические, эксплуатационные и экономические аспекты обеззараживания сточных вод различными методами можно сделать вывод о перспективности применения метода обеззараживания сточных вод ультрафиолетовым облучением.

## **Выводы.**

УФ облучения, в отличие от химических методов обеззараживания (хлорирования и озонирования) не изменяет химический состав воды и не оказывает вредного воздействия на окружающую среду, что в полной мере обеспечивает сохранность флоры и фауны водоёмов, в которые сбрасываются очищенные и обезвреженные сточные воды. Многочисленные исследования показали отсутствие вредного воздействия УФ излучения на воду при дозах облучения, которые намного превышают практически необходимые для её обеззараживания.

Особенно актуальным становится применение комбинированных методов обеззараживания, которые основаны на совместном действии ультрафиолетового облучения и окислителей (технология Advanced Oxidation Process). Применение комбинированных методов обеззараживания позволяет не только обеспечить высокую эффективность уничтожения находящихся в сточной воде бактерий и вирусов, но и исключить её загрязнение токсичными соединениями. При этом обеспечивается деструкция органических загрязнителей, а также эффективное уничтожение грибов, плесени и водорослей, которые размножаются в воде.

Технология обеззараживания воды УФ излучением является наиболее простой как в реализации, так и при обслуживании УФ оборудования. Применение метода УФ обеззараживания сточных вод полностью исключает загрязнение окружающей среды, поверхностных и подземных вод хлором и хлорорганическими соединениями. При использовании этой технологии не требуется строительства специальных контактных резервуаров. Кроме того применение УФ облучения для обеззараживания ливневых, хозяйственных и бытовых сточных вод, сбрасываемых в открытые водоёмы, реки и море в наиболее полной мере отвечает современным требованиям по охране окружающей среды.

Эксплуатация обеззараживающих УФ установок значительно проще, чем станций, предназначенных для обеззараживания стоков хлорированием или озонированием, и не

связана с применением высокотоксичных ядовитых веществ, которые негативно влияют на здоровье обслуживающего персонала. При этом полностью исключается возможность возникновения аварийных ситуаций, связанных с утечкой хлора. Это позволяет размещать станции УФ обеззараживания рядом с жилым сектором или зонами отдыха.

Себестоимость обеззараживания сточной воды УФ облучением составляет около 5 копеек за 1 м<sup>3</sup> стоков и практически совпадает с удельными затратами обеззараживания очищенных сточных вод хлором и значительно меньше стоимости их обеззараживания при помощи гипохлорита натрия или озона.

### **Литература.**

1. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения: СанПиН 4630 - 88.- М., 1998.
2. А.І. Гончаренко, О.А. Колесніченко, С.М. Шаляпін. Водопостачання та водовідведення, № 6/12, 2012, С. 28 – 35).
3. Методические указания МУ 2.1.5.800 – 99: Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. - Минздрав России, Москва·2000.
4. Правошинский Н.А. Обзор методов обеззараживание сточных вод. - <http://www.svarog-uv.ru/disinfwastewater.htm>.
5. Очистка сточных вод озонированием. - <http://stroy-spravka.ru/ochistka-stochnykh-vod-ozonirovaniem>.
6. Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения: СанПиН 4631 - 88. - М., 1988.
7. В.М. Бутин, С. В. Волков, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцев, А.В. Якименко. Обеззараживание питьевой воды УФ – излучением. Водоснабжение, №12 – 96. - <http://www.waterland.ru>.