

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ ИМЕНИ Ф.Ф. ЭРИСМАНА»**

МОСКВА 2006 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**По теме: «Реактивация микроорганизмов
после воздействия ультрафиолетового излучения»**

Технология обеззараживания воды УФ излучением в последние годы занимает всё большее место в коммунальных и промышленных системах водоподготовки и очистки сточных вод, как в России, так и за рубежом.

Широкое признание технологии объясняется её высокой эффективностью, в том числе в отношении устойчивых к хлору микроорганизмов, экологической безопасностью, регламентированностью использования, наличием надёжного промышленного УФ оборудования.

Обеззараживающий эффект УФ лучей связан с воздействием их на макромолекулярные нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК). Входящие в состав ДНК и РНК пиримидиновые основания – тимин и цитозин, отличающиеся высокой фотохимической активностью в области 250-280 нм, образуют под воздействием облучения сшивки (димеры), которые приводят к нарушению метаболизма клетки и в конечном итоге к её гибели.

Эффективность обеззараживания под действием УФ излучения зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются биологические особенности микроорганизмов, физико-химические и микробиологические показатели качества обрабатываемой воды, условия, в которых осуществляется процесс обеззараживания.

Кроме перечисленного выше, следует принимать во внимание способность микроорганизмов при определённых условиях восстанавливать ДНК/РНК, повреждённые в процессе облучения. Данная способность восстановления называется реактивацией.

Процесс восстановления нуклеиновых кислот осуществляется как при видимом свете (фотореактивация), так и при его отсутствии (темновое восстановление).

Впервые феномен реактивации при использовании УФ облучения был обнаружен в 1949 году. В настоящее время механизм этого явления связывают с активацией специфических энзимов и белков микроорганизмов за счёт энергии источников видимого света (при фотореактивации), либо за счёт питательных веществ самой клетки (при темновом восстановлении). Кроме того, выделен ген (гес F), ответственный за реактивацию.

Следует отметить, что фотореактивация встречается чаще темновой реактивации и эффект от неё, как правило, более выражен.

Механизм восстановления органической молекулы микроорганизмов не является универсальным, поэтому не существует чётко установленных характеристик, определяющих виды микроорганизмов, способных к реактивации.

Экспериментальными исследованиями установлено, что при одинаковых условиях микроорганизмы обнаруживают различную степень (способность) реактивации. Различия в проявлении процесса имеют место даже у бактерий одного вида.

Не обладают способностью к реактивации многие вирусы. Крайне незначительный уровень темновой реактивации (0,07-0,44 порядка) регистрируется у колиформных бактерий, который не сопоставим с фотореактивацией (1,3 порядка).

В широких пределах колеблется чувствительность к реактивации у различных штаммов *E-coli* (патогенных и непатогенных), у бактерий рода *Mycobacterium*.

Оценка в экспериментальных условиях процессов инактивации и реактивации семи штаммов патогенных и одного непатогенного штамма *E-coli* свидетельствует, что лишь для одного штамма (057:H7) существенное значение имеет темновое восстановление, у остальных изученных штаммов данный вид реактивации отсутствует. Вместе с тем все штаммы, в особенности 025:K98:NM, 078:K80:H12 и 0157:H7, обладают способностью к фотореактивации.

Из четырех разновидностей *Mycobacterium* способность к фотореактивации установлена у двух – *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium marinum*.

Следует указать на имеющую место несопоставимость результатов экспериментальных лабораторных исследований с натурными наблюдениями. В экспериментальных лабораторных исследованиях степень фотореактивации микроорганизмов более выражена, чем в условиях обеззараживания сточных вод в натуральных условиях. Данная зависимость прослеживается в отношении энтерококков, *E-coli* и других колиформных бактерий. В контролируемых лабораторных условиях при обеспечении достаточной дозы фотореактивирующего излучения данные бактерии проявляли способность к фотореактивации.

В природных условиях при обеззараживании сточных вод теми же дозами УФ излучения фотореактивация у этих бактерий либо совсем отсутствовала, либо была незначительной. Вероятная причина наблюдаемого противоречия заключается в недостаточности дозы фотореактивирующего излучения, полученной микроорганизмами в условиях естественного освещения. Величина этой дозы зависит от качества сточных вод, степени их разбавления, метеорологических условий конкретного региона и др. Нельзя исключать и вероятность присутствия в природных условиях дополнительных факторов, препятствующих фотореактивации.

Способность микроорганизмов к реактивации проявляется только при определенных уровнях повреждений ДНК/РНК, гена (гес F), ферментов и белков, задействованных в процессе реактивации. Иными словами, существует граница необратимых повреждений микроорганизмов, обусловленная дозой облучения, гарантированно обеспечивающей инактивацию микроорганизмов без возможности их восстановления. Для отдельных видов микроорганизмов эти дозы определены эмпирическим путем и их следует учитывать при определении условий обеззараживания УФ излучением природных, питьевых и сточных вод. Дозы УФ излучения до 10 мДж/см^2 не исключают вероятность фотореактивации у большинства микроорганизмов. При облучении дозами, применяемыми на практике ($15-40 \text{ мДж/см}^2$), эффект реактивации либо не наблюдается, либо носит незначительный характер, не влияющий на эпидемиологическую ситуацию. Доза облучения 40 мДж/см^2 обеспечивает для большинства микроорганизмов инактивацию не менее, чем на 3 порядка, и отсутствие реактивации.

Важным является факт, что восстановление ДНК/РНК микроорганизмов не всегда сопровождается восстановлением их инфекционных свойств. Так, при восстановлении пиримидиновых димеров у *Cryptosporidium parvum* восстановления инфекционности не происходит.

Таким образом, вышеизложенное свидетельствует, что проблема реактивации микроорганизмов после УФ облучения представляет несомненный научный и теоретический интерес. С точки зрения значимости данной проблемы при использовании метода для обеззараживания питьевой воды можно считать, что в системах централизованного водоснабжения отсутствуют условия для фотореактивации микроорганизмов. Что касается темнового восстановления, то оно фактически моделируется и учитывается при выполнении бактериологических анализов, т.к. исследуемые пробы воды инкубируются в темноте в оптимальных для микроорганизмов условиях питания и температурного режима.

