

**УДК 6.60.602**

КЕНИГ Л. Л., студент гр. Э-41 (РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
Научный руководитель: КУРБАТОВ А. Ю., к.т.н., (РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
г. Москва

## **ИЗУЧЕНИЕ БАКТЕРИЦИДНОЙ СПОСОБНОСТИ ИМПУЛЬСНОГО УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ**

В настоящее время к качеству воды, которая предоставляется населению, предъявляются достаточно высокие требования. При этом для нужд водоснабжения около 70% питьевой воды забирается из поверхностных источников и около 30% — из подземных [1]. Однако следует помнить, что большая часть природной воды в чистом виде непригодна для питья, так как не соответствует гигиеническим требованиям. Важнейшим показателем, который определяет пригодность питьевой воды для использования и употребления, является не только ее безвредность по химическому составу, но также и санитарно-эпидемиологическая безопасность [2].

Природная вода является отличной средой для размножения, а затем и распространения возбудителей инфекционных заболеваний: брюшного тифа, холеры, паратифов, дизентерии, амебиаза, энтеровирусных заболеваний, инфекционного гепатита, лептоспироза, туляремии и др. [3]. Следовательно, этап обеззараживания воды при водоподготовке является одним из важнейших, так как позволяет избежать распространения патогенных микроорганизмов и инфицирования ими.

Известно множество методов обеззараживания воды, которые подразделяются на химические (реагентные) и физические (безреагентные).

Широкое применение, к примеру, хлорирования обуславливается высокой эффективностью и дешевизной используемого реагента. Однако в процессе обработки такого типа могут образовываться высокотоксичные и канцерогенные соединения хлора, наличие которых недопустимо в питьевой воде. Помимо этого, использование и транспортировка хлора требуют соблюдения специальных мер безопасности [3-4].

В свою очередь, применение озона в качестве обеззаражающего агента обеспечивает более высокую эффективность, чем хлорирование; важно также увеличение скорости процесса и устранение неприятных запахов в ходе озоновой очистки. Недостатками данного метода являются техническая сложность процесса, стоимость оборудования, интенсификация коррозии водопровода при большом количестве озона, а также токсичность используемого газа (ПДК<sub>р.з.</sub> составляет 0,1 г/м<sup>3</sup>) [4]. Кроме того, озона-воздушная смесь взрывоопасна.

Ультрафиолетовое излучение относится к физическим методам обеззараживания и широко используется в технологии водоподготовки.

Достоинствами УФ-обработки являются:

- отсутствие необходимости в дополнительных посторонних веществах (безреагентный метод);
- высокая эффективность очистки за короткое время воздействия;
- легкость регулирования в широких пределах с изменением интенсивности светового потока;
- отсутствие влияния на физико-химический состав воды после обработки;
- простота использования установки;
- безопасность (в сравнении с хлорированием и озонированием).

Кроме того, вышеназванная технология считается наиболее экологически чистой, так как в процессе очистки ультрафиолетом не образуются осадки, в том числе токсичные вещества, требующие утилизации [6].

Принцип бактерицидного действия УФ-излучения заключается в поглощении ультрафиолетом ДНК и РНК клеток микроорганизмов. Кроме молекул нуклеиновых кислот, УФ-излучение воздействует и на другие компоненты клетки. В результате фотохимических реакций происходит необратимая коагуляция белка, что препятствует дальнейшей жизнеспособности клетки [7]. Наиболее эффективно излучение УФ-ламп в диапазоне от 200 до 300 нм.

В качестве объекта исследования для изучения бактерицидной способности импульсного УФ-излучения была выбрана культура грамотрицательных бактерий *Escherichia coli*. Данная бактерия – постоянный обитатель кишечника человека, чье присутствие в питьевой воде само по себе не опасно. Однако в кишечнике может также находиться ряд патогенных микроорганизмов, способных попадать в питьевую воду и делать её непригодной для питья в чистом виде. Потому для обнаружения как загрязнения воды, так и содержания в ней патогенов обычно используют общий индикатор – ту самую культуру *E. coli*. Нормой для питьевой воды считается такое общее число бактериальных клеток, которое в 1 мл воды не превышает 100 [8].

Целью работы являлось изучение бактерицидной способности импульсного УФ-излучения на примере *Escherichia coli*.

**Экспериментальная часть.** Оценка влияния ультрафиолетового излучения на рост грамотрицательных бактерий *Escherichia coli* проводилась на модельной воде с 5%-м содержанием инокулята исследуемого штамма микроорганизмов.

Для проведения эксперимента использовалась установка с импульсной ультрафиолетовой лампой со следующими характеристиками: длина излучаемой волны – от 200 до 1500 нм; частота повторения импульсов —  $5 \pm 1$  Гц; максимальная оптическая энергия — до 100 Дж. Анализируемые пробы объемом 100 мл подвергались воздействию УФ на разных частотах: 3, 6, 9 Гц, в течение 5, 10 и 15 минут. После обработки проводился прямой высеив образцов объемом 1 мл на твердую селективную среду XLD в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ 31659. Посевы проб на чашках Петри после проведения эксперимента инкубировали в термостате при температуре  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  в течение 24

часов. После процесса инкубации проводился подсчет колониеобразующих единиц на мл (КОЕ/мл) с целью определения остаточного содержания микроорганизмов. Показателем эффективности обработки являлось снижение КОЕ бактерий. Наиболее благоприятные результаты экспериментов представлены на рисунке 1.

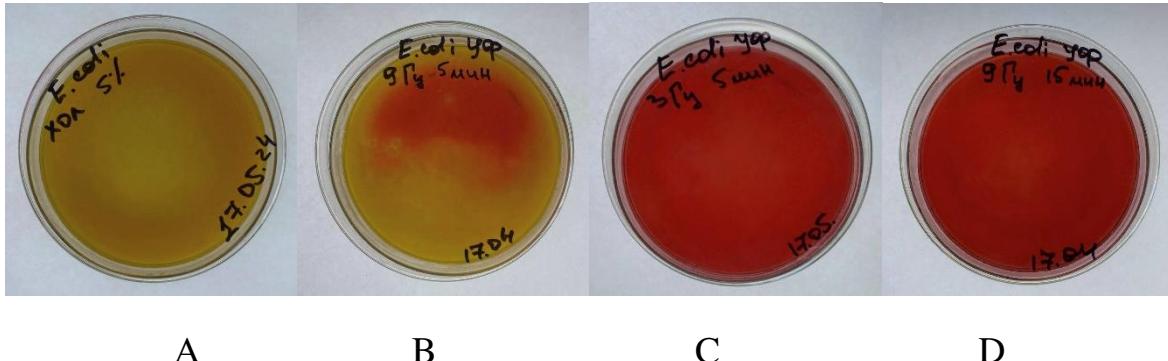


Рисунок 1. Чашка Петри с культурой *E.coli*: А) контрольная проба; В) 9 Гц, 5 минут; С) 3 Гц, 5 минут; Д) 9 Гц, 15 минут

Согласно результатам эксперимента, представленным на рисунке 1, в пробе, обрабатываемой при частоте 9 Гц в течение 5 минут, наблюдается активный сплошной рост микроорганизмов, что подтверждается изменением окраски среды в желтый цвет. При увеличении времени обработки до 15 минут при той же частоте наблюдается интенсивный лизис, что подтверждается отсутствием изменения окраски среды (КОЕ/мл = 0).

В ходе эксперимента также были установлены минимальные условия обработки, при которых возрастают бактерицидное действие УФ-излучения. Частота воздействия на пробы составила 3 Гц, а время обработки – 5 минут (КОЕ/мл = 0).

Исходя из результатов, полученных в ходе эксперимента, можно сделать вывод о том, что импульсное УФ-излучение подавляет рост грамотрицательных бактерий (*Escherichia coli*). Бактерицидное действие применяемого метода возрастает с увеличением интенсивности воздействия.

Таким образом, применение импульсного УФ-излучения для обеззараживания грамотрицательных бактерий имеет потенциал, так как обеспечивает эффективное протекание процесса обеззараживания с минимальным влиянием на состав обрабатываемой воды.

#### Список литературы:

1. Помогаева В. В., Стребкова Ю. И. Анализ основных методов обеззараживания воды //Российский инженер. – 2017. – Т. 3. – №. 2. – С. 31-37.
2. Хохрякова Е. Современные методы обеззараживания воды. – Litres, 2022.
3. Журавлевич Н. Е. Обеззараживание питьевой воды. – 2017.
4. Беликова С. Е., Хохрякова Е. А., Резник Я. А. Водоподготовка. – 2007.

5. Лазарева, Т. П. Методы обеззараживания воды. Достоинства и недостатки / Т. П. Лазарева, Г. В. Макарчук // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2020. – № 7(8). – С. 471-476.
6. Иванцова Н.А. Специальные технологии очистки воды от органических экотоксикантов: учеб. пособие / Н.А. Иванцова, Е.Н. Кузин, Е.В. Костылева. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. – 120 с.
7. Лаврентьева Л. В. и др. Бактерицидное действие ультрафиолетового излучения эксимерных и эксиплексных ламп на чистые культуры микроорганизмов //Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2008. – №. 2 (3). – С. 18-27.
8. Шлегель Г. Общая микробиология/под ред. Е.Н. Кондратьевой. – 1987.