

---

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ЦЕЛЮ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ДЛЯ ПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

В.С. Тиганов

ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии  
Звенигородское шоссе, 5, Москва, Россия, 123022

В статье представлены результаты разработки режимов применения УФ-излучения для дезинфекции воды.

**Ключевые слова:** УФ-излучение, обеззараживание, вода.

**Введение.** Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами относится к числу безреагентных методов. Эти методы имеют ряд существенных преимуществ перед химическими методами, главным из которых является отсутствие изменений состава и свойств воды (исключается образование в воде неприятных привкусов и запахов, канцерогенных веществ, имеющее место при хлорировании и озонировании) [1; 2]. К числу преимуществ относятся также эффективность и быстрота процесса дезинфекции, отсутствие необходимости в транспортировке и хранении токсичных реагентов. УФ-дезинфекция по уровню безопасности и стоимости эквивалентна химическим способам и служит им альтернативой [5—7; 9; 10]. Поскольку ультрафиолет действует одномоментно, метод не гарантирует возможности защиты от повторного заражения воды [3]. При выборе установки УФ-облучения учитывают тип инактивируемых бактерий, спор, вирусов, т.к. их стойкость к облучению различна. Для инактивации (при эффективности 99,9%) кишечной палочки требуется 7 мДж/см<sup>2</sup>, вируса полиомиелита — 21, яиц нематоды — 92, холерного вибриона — 9. В мировой практике минимальная эффективная доза облучения варьирует от 16 до 40 мДж/см<sup>2</sup> [4]. Важным и актуальным является решение проблемы обеспечения водой высокого санитарного качества, особенно для малых предприятий АПК.

**Материалы и методы.** При разработке и испытании режимов дезинфекции воды использована установка «Роса» производства ТОО НТЦ «Интемп» (г. Москва). Установка предназначена для работы при температуре воздуха от 0 °С до +45 °С и относительной влажности не более 90%; рабочее давление 8 кгс/см<sup>2</sup>, производительность до 10 м<sup>3</sup>/час, потребляемая мощность 150 Вт. Установка представляет собой устройство для фильтрации и обеззараживания питьевой воды проточного типа, в котором в качестве источников излучения применены бактерицидные ультрафиолетовые лампы ДРБ-40-1 низкого давления мощностью по 40 Вт каждая. Мощность излучения в УФ-диапазоне 45 Вт. Установка состоит из металлического корпуса, блока питания и управления, подводящего и отводящего патрубков. Общий вид установки представлен на рис.



Рис. Общий вид установки «Роса»

Внутри корпуса в рабочей камере стерилизации по оси размещены три бактерицидные лампы с отражателем УФ-лучей, защищенные кварцевой трубкой. Шнековая направляющая обеспечивает создание турбулентного (вихревого) потока и перемешивание слоев жидкости для равномерного облучения.

Место забора воды — артезианская скважина глубиной 326 м на территории ДПС ст. Бойня Московской железной дороги, пробурена и подготовлена к водозабору специалистами ОАО «Промбурвод-Маркет» (г. Москва). Органолептические показатели: запах — слабый; привкус — нет; мутность —  $1,50 \text{ мг/дм}^3$ ; цветность —  $15,0^\circ$ . Полученную в день взятия воду контаминировали при комнатной температуре суспензией суточной тест-культуры *E. coli* (шт. 1257) из расчета  $1 \cdot 10^3$ — $1 \cdot 10^4$  кл./л.

*Технология обработки воды.* Вначале осуществляли механическую очистку воды регенерируемыми фильтрами. Перед началом работы и при смене режимов испытаний рабочую камеру установки, подводящие и отводящие коммуникации для чистоты эксперимента обеззараживали 3% раствором пероксида водорода в течение полутора-двух часов. Через входной патрубок в рабочую камеру установки с помощью гидравлического насоса-дозатора подавали водопроводную контаминированную артезианскую воду. Процесс (принцип) обеззараживания заключается в облучении воды в непрерывном потоке постоянным излучением трех УФ-ламп отечественного производства ДРБ-40-1. Установка «Роса» обеспечивает до 60 тыс.  $\text{мкВт} \cdot \text{с/см}^2$  при длине волны постоянного УФ-излучения по оптической оси  $254 \pm 5 \text{ нм}$ . Толщина слоя обрабатываемой воды 31,5 мм.

Отбор проб исходной и обработанной УФ-излучением воды проводили в начале через каждые 30—60 минут работы установки, а затем через каждые два и пять

часов. Объем анализируемых проб исходной воды составлял 250 мл, а обработанной воды — 1 литр.

Расход жидкости измеряли электромагнитным расходомером ИР-51 серии ОР с преобразователем расхода марки ПРИ 15.50 и измерительным устройством ИУ-51. Отбор и анализы проб воды проводили по ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа» и по ГОСТ 3351-74 «Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности». Эффективность установки «Роса» по обеззараживанию воды оценивали в зависимости от расхода жидкости (от 1 до 10 м<sup>3</sup>/час).

**Результаты исследований.** На первом этапе работы исследована эффективность обеззараживания воды установкой «Роса» в зависимости от расхода жидкости (производительность установки варьировали в интервале от 1 до 10 м<sup>3</sup>/час).

Обобщенные данные по эффективности обеззараживания воды установкой «Роса» при различном расходе воды приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Обеззараживание воды установкой «Роса» в зависимости от расхода**

Расход воды, м <sup>3</sup> /час	Время эффективной работы установки, час
10	25 (общее — 35)
7	65 (общее — 100)
5	2 (общее — 102)

На втором этапе определяли время эффективной работы установки «Роса» при субмаксимальном (7 м<sup>3</sup>/час) и максимальном (10 м<sup>3</sup>/час) расходе воды. Результаты испытаний обеззараживающей способности установки «Роса» при обработке водопроводной искусственно зараженной артезианской воды с коли-индексом не менее  $1 \cdot 10^3$ — $1 \cdot 10^4$  представлены в табл. 2 и 3. Для наиболее полного приближения условий эксперимента к натурным фильтрацию поступающей жидкости не проводили, чтобы определить предельные возможности УФ-облучателей по обеззараживанию жесткой воды. Из данных табл. 2 следует, что коли-индекс воды, поступавшей на УФ-обработку в рабочую камеру установки, составлял  $(7,4 \pm 0,6) \cdot 10^3$ , а число сапрофитов было равно  $12,0 \pm 1,0$  клеток в 1 мл воды. При такой обсемененности исходной воды установка «Роса» обеспечивала обеззараживание воды по микробиологическим показателям до требований ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» (коли-индекс не более 3) при величине расхода воды 1—2,4—4—7 м<sup>3</sup>/час.

По результатам этих исследований дальнейшие испытания установки «Роса» проводили при максимальном расходе воды на уровне 10 м<sup>3</sup>/час. При этом было установлено, что в течение не менее 25 часов эксплуатации установка обеспечивала надежное обеззараживание воды. Однако при последующей эксплуатации установки в обработанной воде нарастало количество бактерий кишечной палочки (до уровня 34 клеток в 1 литре).

Таблица 2

**Результаты обеззараживания воды, загрязненной *E. coli*,  
установкой «Роса» (производительность до 7 м<sup>3</sup>/час)**

Время работы установки, час	Расход воды, м <sup>3</sup> /час	Коли-индекс	
		После УФ-обработки	Необработанная вода
5,0 (общее 40,0)	7,0	1,028 ± 0,03	(9,90 ± 0,2) · 10 <sup>3</sup>
10,0 (общее 45,0)	7,0	1,10 ± 0,05	(7,95 ± 0,6) · 10 <sup>3</sup>
15,0 (общее 50,0)	7,0	1,12 ± 0,01	(8,33 ± 0,8) · 10 <sup>3</sup>
20,0 (общее 55,0)	7,0	1,40 ± 0,07	(6,52 ± 0,1) · 10 <sup>3</sup>
25,0 (общее 60,0)	7,0	1,47 ± 0,04	(7,96 ± 0,8) · 10 <sup>3</sup>
30,0 (общее 65,0)	7,0	1,48 ± 0,06	(8,72 ± 0,7) · 10 <sup>3</sup>
35,0 (общее 70,0)	7,0	1,55 ± 0,02	(8,91 ± 0,6) · 10 <sup>3</sup>
40,0 (общее 75,0)	7,0	1,69 ± 0,05	(8,43 ± 0,2) · 10 <sup>3</sup>
45,0 (общее 80,0)	7,0	1,99 ± 0,15	(8,77 ± 0,8) · 10 <sup>3</sup>
50,0 (общее 85,0)	7,0	2,10 ± 0,32	(9,44 ± 0,5) · 10 <sup>3</sup>
55,0 (общее 90,0)	7,0	1,80 ± 0,04	(7,33 ± 0,3) · 10 <sup>3</sup>
60,0 (общее 95,0)	7,0	1,40 ± 0,07	(8,97 ± 0,9) · 10 <sup>3</sup>
65,0 (общее 100,0)	7,0	1,68 ± 0,09	(9,01 ± 0,8) · 10 <sup>3</sup>
1,0 (общее 101,0)	5,0	1,04 ± 0,02	(8,53 ± 0,1) · 10 <sup>3</sup>
2,0 (общее 102,0)	5,0	1,02 ± 0,05	(8,20 ± 0,2) · 10 <sup>3</sup>

**Результаты обеззараживания воды, загрязненной *E. coli*,  
установкой «Роса» (производительность до 10 м<sup>3</sup>/час)**

Время работы установки, час	Расход воды, м <sup>3</sup> /час	Коли-индекс	
		После УФ-обработки	Необработанная вода
1 (общее 1)	1,0	1,00 ± 0,023	(7,40 ± 0,6) · 10 <sup>3</sup>
2 (общее 2)	1,0	1,05 ± 0,015	(8,31 ± 0,3) · 10 <sup>3</sup>
1 (общее 3)	2,4	1,02 ± 0,04	(6,41 ± 0,4) · 10 <sup>3</sup>
2 (общее 4)	2,4	1,07 ± 0,06	(6,39 ± 0,5) · 10 <sup>3</sup>
1 (общее 5)	4,0	1,08 ± 0,03	(8,22 ± 0,8) · 10 <sup>3</sup>
2 (общее 6)	4,0	1,00 ± 0,02	(7,96 ± 0,7) · 10 <sup>3</sup>
1 (общее 7)	7,0	1,05 ± 0,05	(7,55 ± 0,2) · 10 <sup>3</sup>
2 (общее 8)	7,0	1,10 ± 0,03	(7,06 ± 0,4) · 10 <sup>3</sup>
1 (общее 9)	10,0	1,41 ± 0,06	(7,25 ± 0,7) · 10 <sup>3</sup>
2 (общее 10)	10,0	1,85 ± 0,04	(6,31 ± 0,1) · 10 <sup>3</sup>
5 (общее 15)	10,0	1,07 ± 0,02	(6,36 ± 0,8) · 10 <sup>3</sup>
10 (общее 20)	10,0	1,58 ± 0,08	(7,94 ± 0,7) · 10 <sup>3</sup>
15 (общее 25)	10,0	34,0 ± 0,40	(8,93 ± 0,2) · 10 <sup>3</sup>
20 (общее 30)	10,0	63,0 ± 1,20	(9,12 ± 1,0) · 10 <sup>3</sup>
25 (общее 35)	10,0	138,0 ± 1,9	(10,0 ± 1,1) · 10 <sup>3</sup>

Снижение эффективности обеззараживания воды было связано с постепенным помутнением кварцевых чехлов бактерицидных УФ-ламп вследствие отложения на них растворенного в воде железа, солей кальция и магния. В связи с этим расход воды был снижен до 7 м<sup>3</sup>/час. К началу испытаний на данном режиме общий ресурс работы установки составил 36 ч.

Как показали испытания, при расходе жидкости на уровне  $7 \text{ м}^3/\text{час}$  установка обеспечивала обеззараживание воды до коли-индекса не более 2 в течение 65 часов (время наблюдения) при общей наработке 100 часов. Через 100 часов эксплуатации установки расход воды был снижен до  $5 \text{ м}^3/\text{час}$ . При этом обеспечивалось обеззараживание воды до коли-индекса не более 1 в течение двух часов (время наблюдения) при общей наработке 102 часа.

Таким образом, в результате проведенных испытаний выбран оптимальный режим эксплуатации УФ-установки «Роса» по обеззараживанию водопроводной воды из скважины, контаминированной тест-культурой кишечной палочки из расчета не более  $1 \cdot 10^3$  клеток в 1 литре.

С целью предупреждения постепенного помутнения кварцевых чехлов бактерицидных ультрафиолетовых ламп вследствие отложения на них растворенного в воде железа, а также солей кальция и магния рекомендовано в ходе регламентных работ периодически прокачивать через установку растворы одной из пищевых кислот (щавелевой, лимонной или молочной), растворяющей накопившиеся отложения, и смонтировать на входном патрубке регенерируемый фильтр для очистки воды.

**Заключение.** Таким образом, предложенный метод по эффективности не уступает классическому хлорированию, более производителен, экологически безопасен, что позволяет рекомендовать его для использования на практике. Технические характеристики установки обеспечивали надежную работу бактерицидных ультрафиолетовых ламп в течение 137 ч (срок испытаний).

На применение установки получено положительное заключение Московского Центра Госсанэпиднадзора № 2.2.15 (1) /52 от 02.02.1992. С помощью установки «Роса» рекомендовано обеззараживать воду из подземных источников водозабора (артезианские скважины и др.) для поения сельскохозяйственных животных на животноводческих предприятиях, в т.ч. в различных регионах страны в фермерских хозяйствах, не имеющих централизованного водоснабжения.

Изобретение запатентовано в Российской Федерации.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Альшин В.М., Волков С.В., Калинин А.В. и др.* Ультрафиолетовая дезинфекция воды в промышленности // Водоснабжение и санитарная техника. — 1994. — № 10. — С. 5—7.
- [2] *Альшин В.М., Безделин С.М., Волков С.В.* Применение УФ-облучения воды взамен первичного хлорирования // Водоснабжение и санитарная техника. — 1996. — № 12. — С. 13—16.
- [3] *Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбаишев В.Г.* УФ-излучение в профилактике инфекционных заболеваний. — М.: Медицина, 2003.
- [4] *Романенко Н.А., Новосильцев Г.И., Рахманин Ю.А. и др.* Влияние УФ-излучения на ооцисты криптоспоридий и цисты лямблий в питьевой воде // Гигиена и санитария. — 2002. — № 1. — С. 33—36.
- [5] *Костюченко С.В.* Ультрафиолетовое излучение — современный метод обеззараживания воды // Водоснабжение и санитарная техника. — 2002. — № 4. — С. 25—27.
- [6] *Dietz J., Noll W.* Erfahrungen mit der Desinfektion des Trinkwasser in Reinwasserbehältern durch UV-Bestrahlung // *Neue Deliva — Z.* — 1987. — В. 38. — Н. 9. — S. 364—365.

- [7] *Kruithoff J.C., van der Leer R.C., Hijnen W.A.* Practical experiences with UV-disinfection in the Netherlands // *Aqua*. — 1992. — V. 41. — № 2. — P. 88—94.
- [8] *Meulmans C.C.E.* The Basic Principles of UV-Disinfection of Water // *Ozone Science and Engineering*. — 1987. — V. 9.
- [9] *Scharmann R.* Mikrobiologische Kontrolle in Klimaanlage durch UV-Behandlung // *Ki Klima-Kalte-Heiz*. — 1992. — Bd. 20. — H. 11 — S. 430—433.
- [10] *Schoenen D., Zemke V., Kolch A.* Einfluss der Reflexion von UV-Strahlen bei der Desinfektion von Trinkwasser // *Zentralbl. Hyg. und Umweltmed.* — 1991. — Bd. 191. — H. 4. — S. 396—405.

## **USING ULTRAVIOLET RADIATION FOR DISINFECTION OF WATER FOR ANIMALS**

**V.S. Tiganov**

All-Russian Scientific and Research Institution  
of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Zvenigorodsky highway, 5, Moscow, Russia, 123022*

The results on the development regimes and using UV-radiation for disinfection of water for animals are presented in the paper

**Key words:** ultraviolet radiation, water, disinfection.