

тоненко и др. - М.: ВИМ, 1990. – 28 с.

2. Патент РФ № 2265305. Способ посева пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 10.12.2005 г. Бюл. № 34.

3. Патент РФ № 2443094. Способ возделывания пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 27.02.2012 г. Бюл. № 6.

4. Патент РФ № 2435353. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 10.12.2011 г. Бюл. № 34.

5. Патент РФ № 110218. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 20.11.2011 г. Бюл. № 32.

6. Патент РФ № 110898. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 10.12.2011 г. Бюл. № 34.

7. Патент РФ № 101610. Гребневая се-

ялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 27.01.2011 г. Бюл. № 3.

8. Патент RU 113110. Рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 10.02.2012 г. Бюл. № 4.

9. Патент RU 113910. Рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 10.03.2012 г. Бюл. № 7.

10. Патент RU 113908. Рабочий орган культиватора / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 10.03.2012 г. Бюл. № 7.

11. Патент RU 2409921. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 27.01.2011 г. Бюл. № 3.

12. Патент RU 2405290. Каток-гребнеобразователь / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; Оpubл. 10.12.2010 г. Бюл. № 34.

УДК 628.16.08

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВОДЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

Твердунов Павел Сергеевич, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и энергетика»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1

т. 8 (84231) 5-17-78 e-mail: tverdunovps@gmail.com

Ключевые слова: обеззараживание воды, ультрафиолет, устройство для очистки воды, кишечная палочка

Дано описание лабораторного комплекса для проведения исследований разработанного устройства для очистки и обеззараживания воды. Представлены результаты лабораторных исследований процесса обработки воды ультрафиолетовым излучением в устройстве для очистки и обеззараживания воды.

Водная стратегия агропромышленного комплекса России на период до 2020 года предусматривает создание и внедрение инновационных технологий водоподготовки, очистки водопроводных, сточных и коллекторно-дренажных вод. Реализация этой стратегии возможна благодаря разработке и внедрению в производство современных технологий очистки и обеззараживания воды и средств для их эффективного осу-

ществления.

Практика показывает, что потребление сельскохозяйственными животными воды согласно установленным нормам и требуемого качества – основа получения высокой продуктивности сельскохозяйственных животных и одно из важных условий сохранения здорового поголовья.

Применяемые в настоящее время в сельскохозяйственном водоснабжении тех-

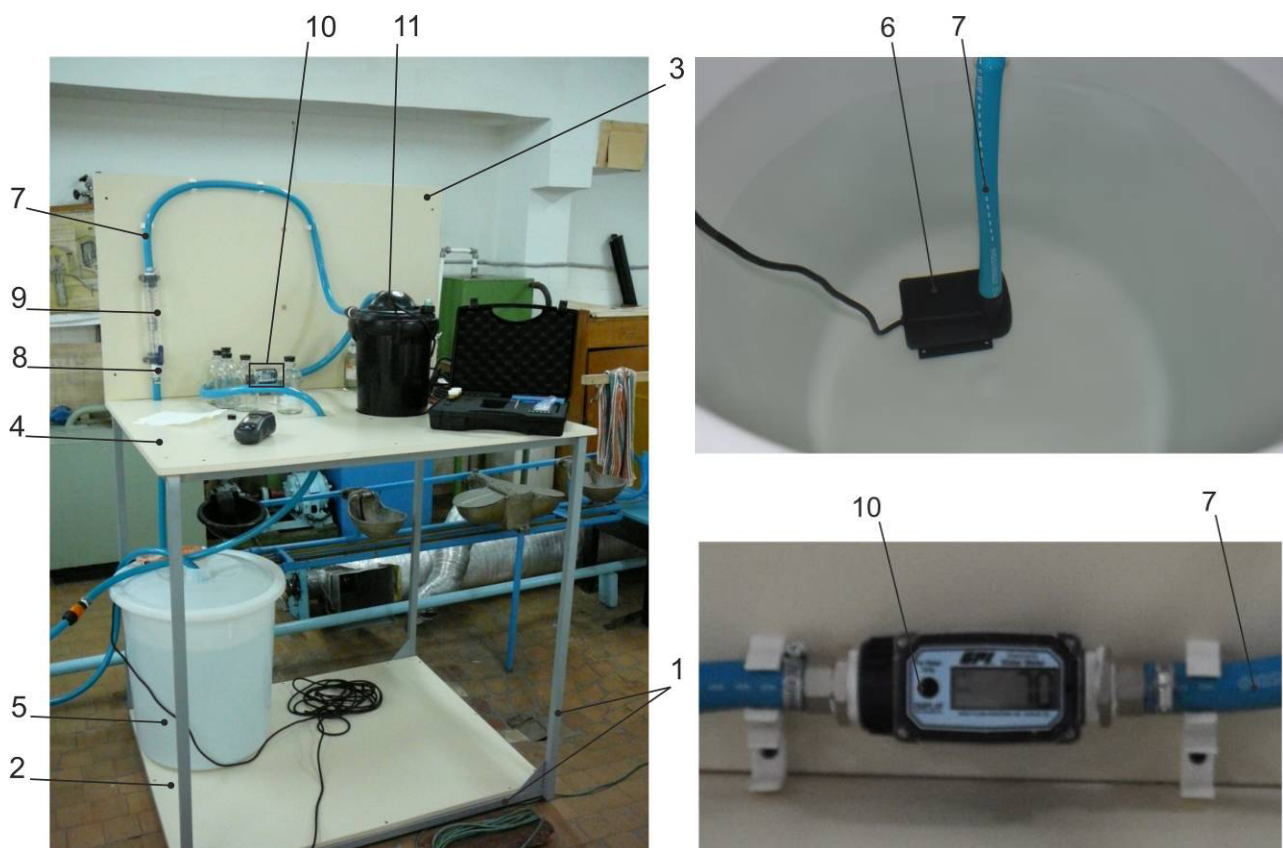


Рис. 1 - Лабораторный стенд для исследования средств очистки и обеззараживания воды: 1 – металлический каркас с регулируемыми опорами; 2 – горизонтальная панель; 3 – вертикальная панель; 4 – столешница; 5 – бак; 6 – погружной центробежный насос; 7 – гидросистема; 8 – шаровый кран; 9 – ротаметр; 10 – электронный расходомер; 11 – устройство для очистки и обеззараживания воды

нологии водоподготовки не всегда обеспечивают установленные нормативами требования по качеству воды для поения сельскохозяйственных животных. Кроме того, анализ конструкций технических средств для очистки и обеззараживания воды показал, что большинство из них ресурсо- и энергозатратны, материалоемки и являются узкоспециализированными, что приводит к конструктивному усложнению технологической линии водоподготовки животноводческих предприятий и, как следствие, удорожанию её технического обслуживания. Поэтому задача создания высокоэффективных, универсальных и экологически безопасных технических средств обработки воды, предназначенных для животноводческих комплексов и небольших фермерских хозяйств, является актуальной, важной и имеющей существенное значение для развития страны.

Нами предложено новое устройство для очистки и обеззараживания воды [1, 2],

которое имеет небольшую материалоемкость, экологически безопасно и эффективно в работе. Конструкция устройства позволяет очищать и обеззараживать воду с низкими эксплуатационными затратами. Для оптимизации его конструктивно-режимных параметров были проведены исследования устройства в лабораторных условиях.

Исследования проводили на стенде (рисунок 1), разработанном на кафедре «Безопасность жизнедеятельности и энергетика» ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина», с применением современного контрольно-измерительного оборудования.

Лабораторный стенд представляет собой сборно-разборный металлический каркас с регулируемыми опорами 1. На каркасе 1 закреплена горизонтальная 2 и вертикальная 3 панели, а также столешница 4. На горизонтальной панели 2 установлен бак 5 с погружным центробежным насосом 6.

Столешница 4 снабжена установочным отверстием и отверстием для сливного шланга. На вертикальной панели 3 закреплены гидросистема 7 (подводящие и сливные шланги), запорно-регулирующая и измерительная аппаратура (шаровой кран 8, ротаметр 9, электронный расходомер 10). Устройство для очистки и обеззараживания воды 11 подключают к стенду посредством быстроразъемных муфт, которые монтируют на входной патрубке и выходной штуцер устройства.

Работу источника ультрафиолетового излучения контролировали с помощью прибора Sper Scientific UVC Light Meter (Model 850010), который предназначен для измерения интенсивности ультрафиолетового излучения в бактерицидной области спектра с длиной волн от 220 до 275 нм (рисунок 2). Сенсор прибора позволяет контролировать излучение малой ($1...9999 \text{ мкВт/см}^2$) и большой ($0,01...40,00 \text{ мВт/см}^2$) интенсивностей с погрешностью измерения $\pm 4 \%$.

Для определения мутности воды использовали нефелометр Lutron TU-2016 (рисунок 3). Основными техническими характеристиками нефелометра являются: измерительный диапазон $0...1000 \text{ NTU}$; объем измерительной кюветы – 10 мл; напряжение питания постоянного тока 9 В; время отклика $1...10 \text{ с}$; рабочий диапазон температур $0...50 \text{ }^\circ\text{C}$. Погрешность измерения нефелометра $\pm 5 \%$.

Водородный показатель воды и её температуру измеряли прибором PH-009(III) (рисунок 4). Основные технические характеристики прибора PH-009(III): диапазон измерения pH $0,00...14,00$; диапазон измерения температуры $0...50 \text{ }^\circ\text{C}$; напряжение питания постоянного тока = 6 В. Погрешность прибора: $\pm 0,1 \text{ pH}$, $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Остальные физико-химические показатели качества обрабатываемой воды (цветность, содержание марганца, содержание общего железа и др.) контролировали с помощью тест-комплектов производства НПО ЗАО «Крисмас+». Также пробы обработанной воды отдавали на анализ в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ульяновской области».



Рис. 2 - Прибор для измерения интенсивности бактерицидного излучения Sper Scientific UVC Light Meter (Model 850010): 1 – сенсор; 2 – кожух; 3 – корпус; 4 – дисплей; 5 – кнопки управления

В качестве модельного микроорганизма была выбрана культура бактерий вида *Escherichia coli* № 23 – непатогенный штамм из музея кафедры «Микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы» ФГБОУ ВПО «Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина».

Перед началом экспериментов всю систему (рисунок 1) в течение 5 часов обрабатывали раствором дезинфицирующего средства «Jasol solid» с концентрацией активного хлора $78...84 \text{ мг/л}$.

После чего в течение 6 часов систему промывали водопроводной водой и брали пробу для анализа на активный хлор. В последующем перед каждым экспериментом внутреннюю поверхность устройства обрабатывали ультрафиолетовым излучением.



Рис. 3 – Нефелометр Lutron TU-2016



Рис. 4 – Прибор РН-009(III) для измерения pH и температуры воды

чением лампы предлагаемого устройства в течение 1 часа, а внутреннюю поверхность бака – при помощи бактерицидного облучателя открытого типа ОБН-150.

Контроль качества обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением проводили с учетом рекомендаций МУ 2.1.4.719-98.

Последовательность проведения опытов была следующей: в бак 5 (рисунок 1) ёмкостью 90 л по мере его наполнения водой вносили суточную бульонную культуру бактерий вида *E.coli* № 23 и тщательно перемешивали образовавшуюся суспензию. Затем с помощью шарового крана 8 устанавливали требуемый расход воды (исследуемый режим), проходящей через установку. После чего включали насос 6 и устройство для очистки и обеззараживания воды 11 в сеть переменного тока (220 В, 50 Гц) и через 1...2 минуты отбирали в стерильную посуду емкостью 500 мл пробы воды для бактериологических анализов непосредственно до и после устройства. Кроме того, отбирали пробы для контроля физико-химических показателей качества обеззараживаемой воды. Воду, прошедшую обработку в устройстве, собирали в отдельную ёмкость и перед сбросом её в водосток обеззараживали с применением средства «Jasol solid». Для новой серии экспериментов изменяли расход воды и повторяли опыт. Расход воды, про-

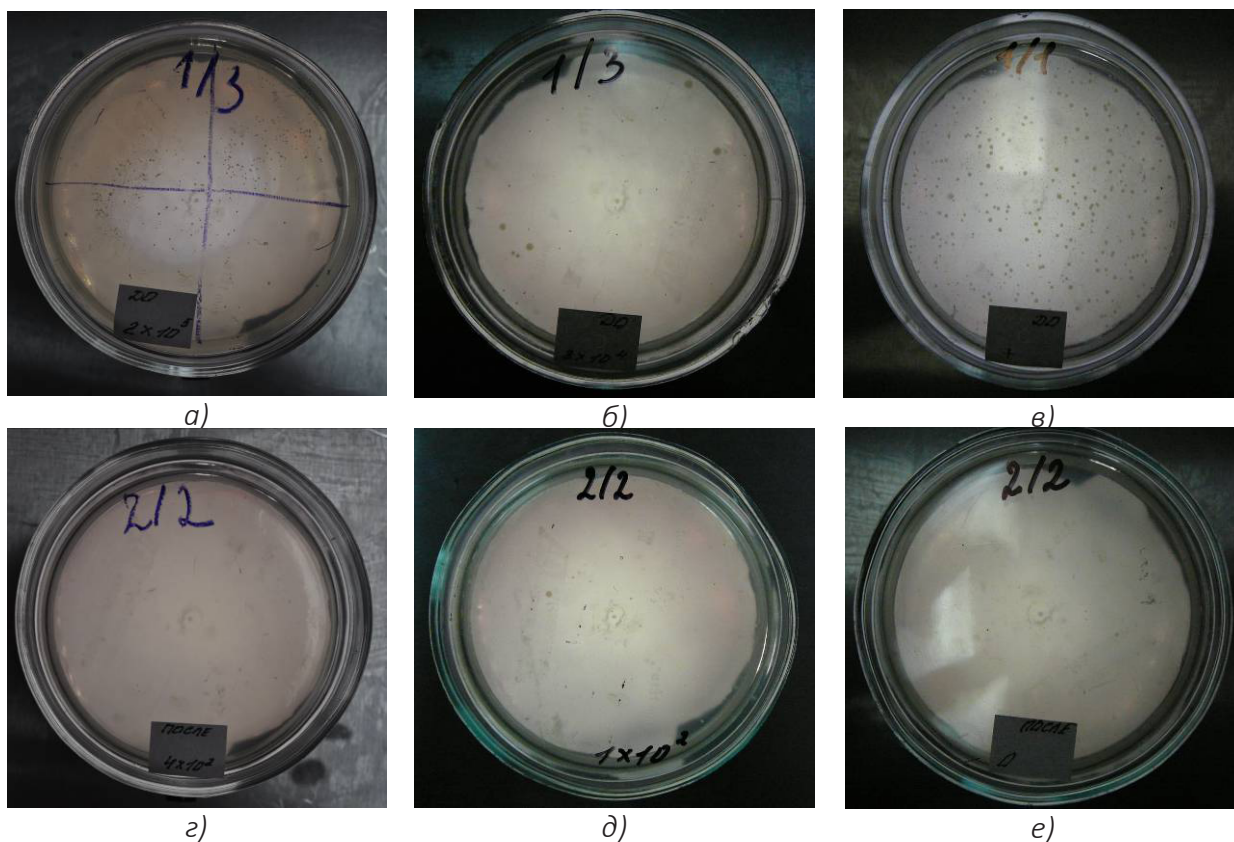


Рис. 5 – Колонии микроорганизмов, выросшие на мясопептонном агаре:

а), б), в) – посевы образцов воды до обработки её ультрафиолетовым излучением;
 г), д), е) – посевы образцов воды после обработки её ультрафиолетовым излучением

Таблица 1

Результаты лабораторных исследований процесса обработки воды ультрафиолетовым излучением

Расход воды, л/мин	Коли-индекс, КОЕ/л		Коэффициент инактивации	Мутность, мг/дм ³		Цветность, градусы		Содержание железа, мг/дм ³	
	до обработки	после обработки		до обработки	после обработки	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки
4	20000	400	0,98	2,5	0,25	13,0	2,0	0,50	0,1
4	10000	200	0,98	2,2	0,32	10,0	2,6	0,40	0,1
4	5000	100	0,98	2,3	0,28	10,0	2,0	0,39	0,2
8	30000	100	0,99	2,1	0,23	10,0	2,2	0,45	> 0,1
8	20000	200	0,99	2,0	0,3	10,0	2,0	0,40	> 0,1
8	10000	50	0,99	2,5	0,32	13,0	1,8	0,40	> 0,1
12	10000	2000	0,8	2,0	0,33	13,0	2,0	0,45	> 0,1
12	7000	1000	0,85	2,2	0,2	13,0	2,0	0,45	> 0,1
12	3000	500	0,83	2,3	0,24	10,0	1,8	0,39	> 0,1
16	300000	90000	0,7	2,2	0,25	10,0	2,0	0,40	> 0,1
16	200000	61000	0,69	2,0	0,22	10,0	1,8	0,40	> 0,1
16	200000	63000	0,68	2,6	0,2	13,0	1,4	0,43	> 0,1

ходящей через устройство, регулировали в пределах от 4 л/мин до 16 л/мин с интервалом 4 л/мин.

Бактериологические исследования исходной и обработанной ультрафиолетовым излучением воды проводили в соответствии с ГОСТ 18963-73, МУК 4.2.1018-01. Для этого из каждой пробы воды (до и после установки), с целью предотвращения размножения микроорганизмов, быстро готовили ряд последовательных десятикратных разведений в физиологическом растворе.

Из каждого десятикратного разведения делали посев глубинным способом (по 1 см³ на чашку Петри). Затем чашки Петри помещали в термостат и инкубировали при температуре 37°С в течение 24 часов. После чего чашки с посевами просматривали и подсчитывали выросшие колонии (рисунок 5). Число колоний в последней положительной чашке умножали на десять в степени, соответствующей номеру разведения.

Результаты бактериологического исследования выражали числом кишечных палочек в 1 л необработанной и пропущенной через установку воды.

В ходе исследований содержание бактерий вида *Escherichia coli* № 23 в обеззараживаемой воде колебалось в пределах (2...300)×10³ кишечных палочек в 1 л воды.

Интенсивность излучения ультрафиолетовой лампы устройства составляла 11989 мкВт/см². За период проведения лабораторных исследований отложений на поверхности кварцевого чехла ультрафиолетовой лампы, способных снижать качество её работы, выявлено не было.

Для оценки эффективности обеззараживания воды в разработанном устройстве был выбран коэффициент инактивации [3, 4]:

$$k_u = \frac{N_0 - N}{N_0},$$

где N_0 – коли-индекс воды до обеззараживания, N – коли-индекс воды после ее обеззараживания.

При условии, что в воде, прошедшей обработку ультрафиолетовым излучением, бактерий не будет обнаружено, $k_u = 1$. Этот коэффициент является универсальным и позволяет оценить качество обеззараживания воды в устройствах аналогичного типа.

Результаты лабораторных исследований процесса обработки воды ультрафиолетовым излучением в разработанном устройстве для очистки и обеззараживания воды

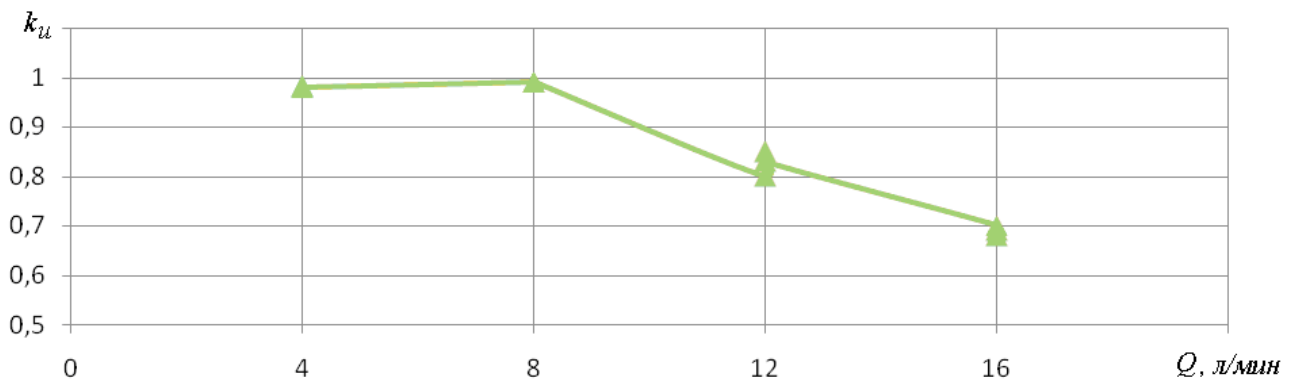


Рис. 6 – Зависимость коэффициента инактивации k_u бактерий вида *Escherichia coli* № 23 от расхода воды Q в устройстве

представлены в таблице 1.

Зависимость коэффициента инактивации бактерий вида *Escherichia coli* № 23 от расхода воды в предлагаемом устройстве для очистки и обеззараживания воды представлена на рисунке 6.

Таким образом, для создания оптимальных условий обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением в разработанном устройстве для очистки и обеззараживания воды необходимо обеспечить расход воды 8 л/мин.

Исследования устройства для очистки и обеззараживания воды в производственных условиях показали, что при оптимальных параметрах, выявленных в процессе лабораторных исследований, коэффициент инактивации составляет 0,98...0,99, что соответствует требованиям, предъявляемым к качеству воды по микробиологическим показателям.

Следовательно, использование перспективной конструкции устройства для очистки и обеззараживания воды с оптимизированными режимными параметрами позволяет обеспечить требования, предъ-

являемые к качеству воды для поения сельскохозяйственных животных, по основным физико-химическим и микробиологическим показателям. Это, в свою очередь, позволяет снизить риск возникновения заболеваний сельскохозяйственных животных, передаваемых через воду.

Библиографический список

1. Патент RU 2465211. Устройство для очистки и обеззараживания воды / В.И. Курдюмов, П.С. Твердунов; Опубл. 27.10.2012. Бюл. № 30.
2. Патент RU 2465212. Устройство для очистки и обеззараживания воды / В.И. Курдюмов, П.С. Твердунов; Опубл. 27.10.2012. Бюл. № 30.
3. Hassan A. Munshi. Evaluation of ultraviolet radiation disinfection on the bacterial growth in the SWRO pilot plant / Hassan A. Munshi, N. Sasikumar, A.T. Jamaluddin, Kither Mohammed // Bahrain, the 4th Gulf Water Conference, Feb. 13-17 of 1999, P. 2086-2102.
4. The ultraviolet disinfection handbook / James R. Bolton, Christine A. Cotton // American Water Works Association, 2008, 168 p.