



Ульянов А.Н.
Ген. директор ЗАО «Сварог»,
действительный член ВАНКБ

Предложенная и развиваемая ЗАО «Сварог» технология «Лазурь» использует комбинированное воздействие ультрафиолетового излучения и ультразвука в установках обеззараживания питьевой воды и сточных вод. В статье обосновывается эффективность этого метода, приводятся новые экспериментальные результаты комплексных эксплуатационных и микробиологических испытаний образцов серийно выпускаемых установок «Лазурь -М», выполненных в специализированных лабораториях России, ЮАР, Австралии и Новой Зеландии.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И СТОЧНОЙ ВОДЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ И УЛЬТРАЗВУКОМ. ТЕХНОЛОГИЯ «ЛАЗУРЬ»

В последние десятилетия в различных регионах планеты отмечены многочисленные вспышки заболеваний населения, связанные с содержанием в питьевой воде возбудителей паразитарных болезней протозойной этиологии и в первую очередь, лямблиоза и криптоспориоза. Основным симптомом этих заболеваний является водянистая диарея. Следует отметить, что цисты лямблий и ооцисты криптоспоридий обладают более выраженной, по сравнению с бактериями и вирусами, резистентностью к действию дезинфектантов (хлор, озон), используемых на водопроводных станциях. В связи с этим, передача указанных возбудителей в большинстве случаев осуществляется через питьевую воду, удовлетворяющую нормативным требованиям по колиформным бактериям. Одним из ведущих факторов, загрязнения водоемочников возбудителями кишечных протозов является сброс в них неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод. В связи с этим весьма актуальными являются исследования, направленные на изыскание эффективных методов обеззараживания природных и сточных вод от цист лямблий и ооцист криптоспоридий.

В настоящее время на территории Российской Федерации для очистки сточных вод наиболее часто используют отстойники, сооружения механической очистки (решетки-песколовки, отстойники) в районных центрах, аэро- и биостанции в городах, для очистки сточных вод отдельно стоящих зданий применяются малогабаритные очистные сооружения - ОС (КУ-200, 400, 700,

БИО-50,100,200). Находят применение очистные комплексы, включающие сооружения механической очистки, биологические пруды, поля фильтрации, поля орошения. Для обеззараживания так называемых очищенных сточных вод применяется, в основном хлор и гипохлорит натрия. Однако сооружения механической и биологической очистки не обеспечивают полной дезинвазии сточных вод.

Исследования последних лет, направленные на поиск действенных методов дезинвазии воды показали, что наиболее доступным методом является ультрафиолетовое излучение^[3,4]. Эффективность обеззараживания ультрафиолетовым излучением зависит от качества воды, подвергающейся дезинфекции. Наличие в воде нерастворимых органических и неорганических веществ снижает эффективность ультрафиолетового излучения, поскольку данные вещества поглощают часть ультрафиолетового излучения, а также экранируют микроорганизмы от ультрафиолетового излучения^[5]. Установлено, что эффективная инактивация ооцист криптоспоридий осуществляется в диапазоне 250-270 нм, поэтому для обеззараживания питьевой воды и сточных вод могут использоваться лампы низкого и среднего давления^[7]. Методы обеззараживания питьевой воды ультрафиолетовым излучением, применяемые в России, не достаточно эффективны для уничтожения патогенной микрофлоры. Действующие в России, плотности ультрафиолетового излучения в 16-20 мДж/см²^[8] для питьевой воды и 28-30 мДж/см²^[9] для хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод не обеспечивают эффективной

инактивации патогенной микрофлоры. Более того, следует учитывать повышение устойчивости микрофлоры к воздействию хлора, озона и ультрафиолетового излучения. Это естественный процесс эволюции. Микробиологи ведущих научных центров Америки, Азии и Европы показывают в своих отчетах, что за последние 15 - 20 лет устойчивость патогенной микрофлоры к хлору повысилась в 5 раз, к озону - в 2-3 раза, к ультрафиолетовому излучению - в 4 раза^[10]. Это означает, что с учетом дальнейшего повышения устойчивости микроорганизмов спор, вирусов и простейших, к перечисленным выше методам дезинфекции воды и сточных вод, необходимо при проектировании закладывать уровни воздействия с учетом динамики роста сопротивляемости объекта воздействия. Именно поэтому, сейчас в экономически развитых странах минимальная доза воздействия ультрафиолетового излучения определена в 40 мДж/см², а во всех проектируемых станциях по обеззараживанию воды и сточных вод закладывается доза ультрафиолетового излучения 70-100 мДж/см². В этом случае наиболее перспективными являются методы комбинированного воздействия на воду различных дезинфицирующих средств и способов.

Одним из комбинированных методов для обеззараживания питьевой воды и сточных вод, разработанным в середине 90-х годов XX века, является метод, использующий одновременное воздействие на воду ультразвука и ультрафиолетового излучения^[11]. Используя этот метод, была разработана новая технология



Рис. 6. Бактерицидная установка серии «Лазурь – М».

обеззараживания воды под названием «Лазурь». В ее основе непрерывная обработка воды ультрафиолетовым излучением, с плотностью потока не менее 40 мДж/см² и длиной волны 253,7 нм и 185 нм с одновременным ультразвуковым воздействием плотностью около 2 Вт/см² и акустическими колебаниями. Предлагаемая технология «Лазурь» успешно реализована и апробирована в бактерицидных установках модульного исполнения серии «Лазурь – М» (см. рис. 6).

При обработке проходящего потока воды ультразвуком от излучателя, размещаемого непосредственно в корпусе камеры ультрафиолетового излучателя, в воде образуются короткоживущие парогазовые «каверны». Они возникают в момент локального разряжения в воде и схлопываются, взрываются при сжатии воды в объеме модуля установки на неоднородностях с частотой в несколько десятков кГц. При этом за счет резкого изменения давления и температуры в воде полностью уничтожается патогенная микрофлора, образуются активные радикалы и пероксид водорода, так как в роли неоднородностей выступают споры грибов, бактерии, собственно и являющиеся мишенями обработки. Помимо этого, под воздействием ультрафиолетового излучения в объеме обрабатываемой жидкости, в модуле установки возникает процесс объемной дегазации - появление многочисленных, микроскопических воздушных пузырьков. Если оценивать эффективность этого метода по степени инактивации патогенной микрофлоры в сравнении с ультрафиолетовым обеззараживанием

(рис. 1-4), то при аналогичных энергетических затратах (для сточных вод 15-20 Вт/м³) это воздействие эквивалентно 150 мДж/см², что практически недостижимо в приемлемых экономически целесообразных вариантах ультрафиолетовых станций, производимых компаниями в США, Европе и в России.

Подобная эффективность (Lg N_{bx}/N_{b0} = 5-6) (см. рис. 5) позволяет гарантировать безусловную надежность обеззараживания - 99,9999% на ближайшие 20 - 30 лет при сравнимых затратах на сооружение станций обеззараживания питьевой воды и сточных вод, что является наиболее привлекательным для любого заказчика. Дополнительным преимуществом этих установок является более низкие требования к прозрачности воды (до 60%), количеству взвешенных в воде частиц (до 20 мг/л), а также отсутствие необходимости периодической очистки защитных чехлов ламп от биообрастания и соляризации.

Проведение испытаний и тестирования технологии «Лазурь» проводилось в крупнейших аккредитованных центрах России [6], ЮАР, Австралии, Новой Зеландии. Проведенные испытания безусловно доказали наличие синергетического эффекта при одновременном использовании ультрафиолета и ультразвука, что полностью совпадает с выводами [12]. Так, по оценкам результатов, приведенных в табл. 1, при расчетной дозе ультрафиолетового излучения 50 мДж/см² реально было получено 75 мДж/см² по MS2 фагу. Анализ результатов тестирования показал, что эффективная доза

обеззараживания питьевой воды и сточных вод при одновременном воздействии ультрафиолета и ультразвука по различным группам микрофлоры составляет 100-150 мДж/см², что также подтверждает высокую эффективность предлагаемого метода обеззараживания. Результаты сертификационных испытаний проведенных Австралийским Центром Качества Воды в июне 2007 г. на установке серии «Лазурь М», для оценки эксплуатационных качеств представлены в табл. 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Blume T., Neis U. (2004). Improved Waste Water Disinfection by Ultrasonic Pre-treatment. Ultrasonics Sonochemistry, V.11 № 5
2. Blume T., Martinez I., Neis U. (2002). Wastewater disinfection using ultrasound and UV light. TU Hamburg-Harburg Reports on Sanitary Engineering, №35
3. Clancy L.J., Bukhari Z., et al. (1999). Inactivation of Cryptosporidium parvum oocysts by medium pressure ultraviolet light. Water technology, pp. 151-154, September
4. Campbell A.T. (1995). Inactivation of oocyst Cryptosporidium parvum by ultraviolet radiation. Water Res., 29:2583.
5. Gwyam Shin, Zuzana Bohrerova, Karl G. Linden, and Gaetan Faubert. (2005). DNA repair of U V-irradiated Giardia lamblia cysts detected by both infectivity and molecular biological assays. Third International Congress on Ultraviolet Technologies. IUVA, Whistler, BC, Canada, May
6. Test report. (2007, AWQC). Determination of the efficiency of inactivation of MS2 phage, Poliovirus, Cryptosporidium parvum, and a bacterial cocktail in Adelaide drinking water - A detailed evaluation.
7. МУК 4.2.964-00 Санитарно-паразитологическое исследование воды хозяйственно-питьевого использования. (2000, Москва)
8. МУ 2.1.4.719-98 Санитарный надзор за применением ультрафиолетового излучения в технологии подготовки питьевой воды. (1998, Москва)
9. МУ 2.1.5.732-99 Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением. (1999, Москва)
10. По материалам международных конгрессов IUVA: 2-nd International Congress on Ultraviolet Technologies, IUVA, (2003.9-11 July), Vienna, Austria; Third International Congress on Ultraviolet Technologies, IUVA, Telus Whistler Conference Centre, Whistler, BC, Canada; 10A/IUVA World Congress on Ozone and Ultraviolet Technologies, August 27-29, 2007, Hyatt Regency Century Plaza, Los Angeles, CA USA
11. Ульянов А.Н., Патент № 2092448. (1996). Способ очистки и обеззараживания водных сред.

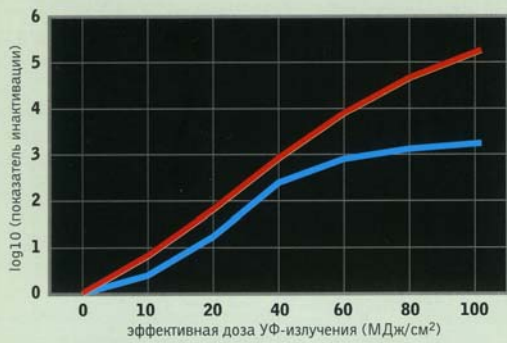


Рис. 1 Логарифм показателя инактивации фага MS2, как функция эффективной дозы ультрафиолетового излучения

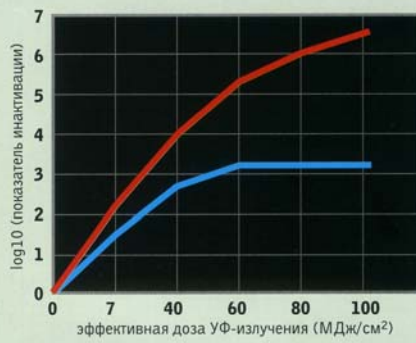


Рис. 2 Логарифм показателя инактивации эндоспор *Bacillus subtilis* при дезинфекции ультрафиолетовым излучением

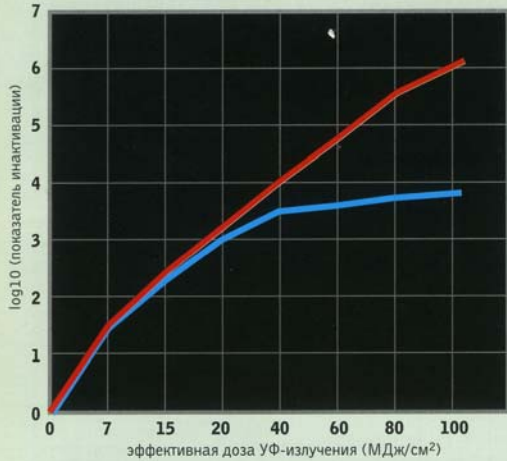


Рис. 3 Логарифм показателя инактивации цист *Giardia Muris* при дезинфекции ультрафиолетовым излучением

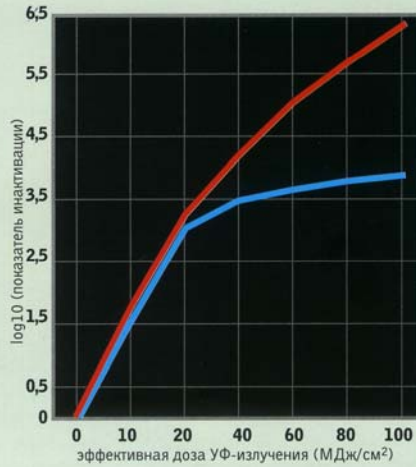


Рис. 4 Логарифм показателя инактивации ооцистов *Cryptosporidium parvum* при дезинфекции ультрафиолетовым излучением

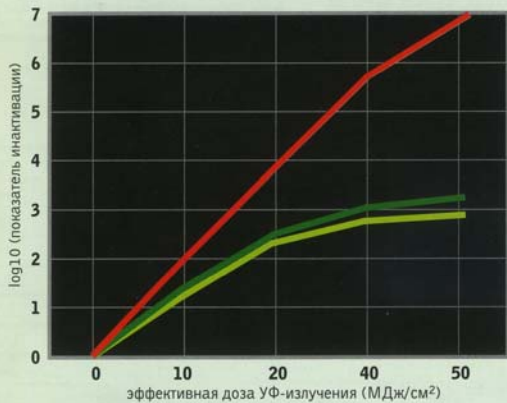


Рис. 5 Логарифм показателя инактивации *E. coli* при дезинфекции ультрафиолетовым излучением.

- UФ+УЗ – технология ЗАО «СВАРОГ»
- UФ – технологии
- НПО «ЛИТ» г. Тольятти
- НПО «ЛИТ» г. Зеленоград

УФ + УЗ		
Скорость потока, (л/мин)	MS2 Log инактивации	Плотность потока (мДж/ см ²)
4,5	5,43	>75,3
12	5,03	>75,3
20	3,78	65,2

Таблица 1. Инактивация по MS2 фагу при одновременном воздействии УФ и УЗ облучения.

Таблица 2. Результаты сертификационных испытаний на установке серии «Лазурь М».

Скорость протока (л/мин)	E. coli, до				среднее	E. coli, после *			среднее	Log инактивации
	1	2	3	4		1	2	3		
4,5	8.10E+07	8.10E+07	9.10E+07	8.43E+07	<1	<1	1.00E+00	1.00E+00	7.9	
12	6.70E+07	1.00E+08	1.00E+08	8.90E+07	<1	<1	<1	<1	>7.9	
20	6.10E+08	7.90E+08	7.00E+08	7.00E+08	<1	<1	<1	<1	>8.8	

Скорость протока (л/мин)	Palio PFE, до				среднее	Palio PFE, после *			среднее	Log инактивации
	1	2	3	4		1	2	3		
4,5	2.24E+04	3.14E+04	2.54E+04	2.64E+04	<100	<100	<100	<100	>2.4	
12	2.92E+05	1.66E+05	2.11E+05	2.23E+05	<100	<100	<100	<100	>3.3	
20	1.14E+05	1.03E+05	4.70E+04	8.80E+04	<100	<100	<100	<100	>2.9	

* - Показатель количество микроорганизмов после обработки, лимитируется чувствительностью прибора контроля.