



Москва

Тел./Факс: **8 (800) 100-123-7** (Звонки по России бесплатно);

**+7 (495) 617-19 -45, -46, -47, -48; +7(499) 795-77-86**

E-mail: [svarog@svarog-uv.ru](mailto:svarog@svarog-uv.ru)

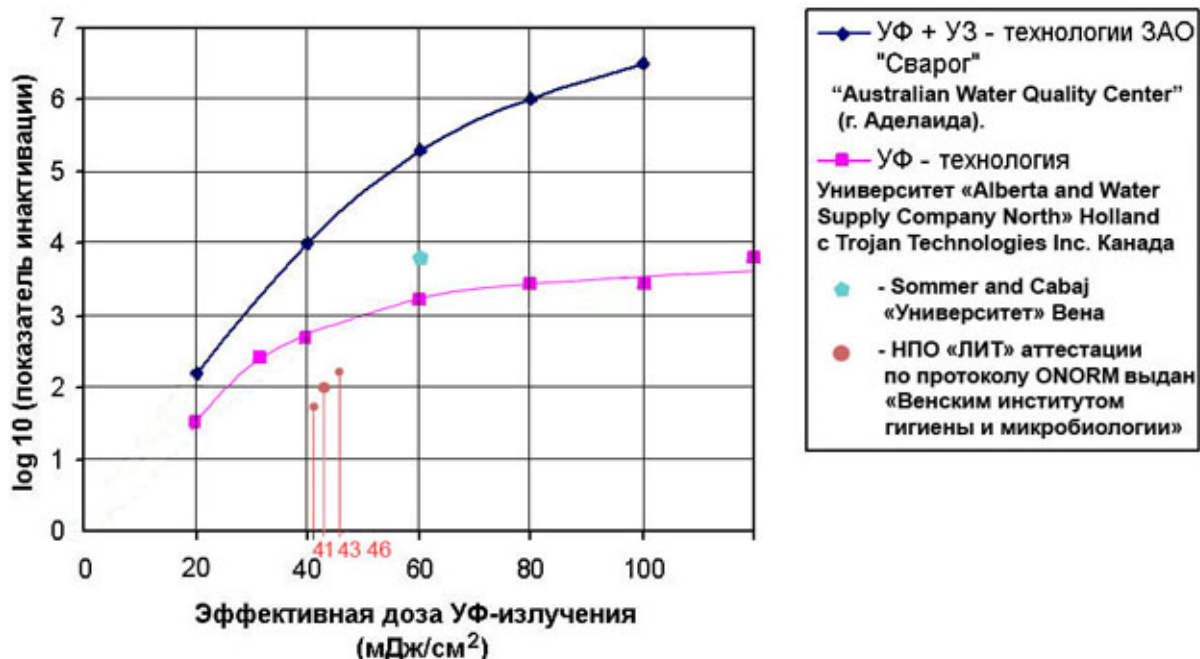
## **Особенности интенсификации процесса обеззараживания воды ультрафиолетом и ультразвуком.**

*ЗАО «Сварог» давно и успешно применяет ультразвуковые колебания для интенсификации процесса обеззараживания питьевой воды и сточных вод с помощью ультрафиолета. Это становится все более актуальным в условиях повышения устойчивости бактерий и вирусов к ультрафиолетовому воздействию, т.к. простое повышение его уровня не приводит к достижению требуемых уровней инактивации. В этой ситуации требуется введение дополнительных эффективных энергетических факторов, которые при относительно небольшой их себестоимости приводили бы к необходимым результатам. Одним из таких факторов и является применение ультразвука.*

Существенное ограничение применения ультрафиолета (УФ) для обеззараживания питьевой воды и сточных вод играет биообрастание и обрастание кристаллами соли защитных кварцевых оболочек ультрафиолетовых ламп. Это приводит к остановкам оборудования для очистки чехлов химическими и физическими методами.

Введение в зону обработки упругих колебаний достаточной мощности с ультразвуковой частотой позволяет получить уровни обеззараживания, достижение которых только лучевой энергией невозможно. Причем достижение нужных уровней инактивации может быть обеспечено при более низких суммарных уровнях энергии, что обуславливает невысокую себестоимость обеззараживания воды при стабильном результате. Вода подвергается комплексному ультразвуковому воздействию, при котором происходит дробление бактериальных кластеров на более мелкие элементы, разрушение микроорганизмов и преобразование органических фаз. При этом происходит непрерывное вирулицидное воздействие ультрафиолетового излучения, приводящее к утрате микроорганизмами способности к воспроизводству. Эти процессы происходят совместно в одной камере, поэтому ультразвуковые колебания, распространяющиеся в водной среде, заставляют колебаться все внутренние поверхности в реакторе, что препятствует биообрастанию и соляризации поверхности, как реактора, так и защитных трубок ультрафиолетовых ламп [1]. Таким образом, одновременно происходит ряд процессов, поддерживающих постоянный уровень обеззараживания воды в течение всего срока службы ламп и ультразвуковых преобразователей. Это позволяет повысить эффективность обработки при сопоставимой мощности УФ-облучения до  $10^3$  раз (см. **рис. 1**) и практически полностью уничтожить (полное фотохимическое окисление) любые формы (в том числе споровые) микроорганизмов, вирусов и простейших в концентрациях до  $10^6$  ед/л [2-5]. УФ-облучение и озонирование не всегда способны подавить эти виды микрофлоры в должной степени. Эффект полной инактивации в традиционных технологиях УФ и озонирования достигается при очень низких концентрациях споровых и простейших при длительном воздействии, и практически не уничтожает плесени.

**Диаграмма. Логарифм показателя инаktivации эндоспор  
Bacillus subtilis при дезинфекции ультрафиолетовым  
излучением**



**Рис. 1**

Совместное использование технологии «Ультразвук + Ультрафиолет» для обеззараживания питьевой воды и сточных вод с традиционными технологиями позволяет существенно уменьшить использование химических средств дезинфекции. Например, использование «Ультразвук + Ультрафиолет» для бассейнов позволяет исключить «цветение» воды, а также снизить концентрацию хлора. Так использование технологии «Ультразвук + Ультрафиолет» в бассейнах с жесткой водой на бассейновых объектах в Англии (Ливерпуль, Манчестер) позволило снизить концентрацию активного хлора с 3,6÷3,4 мг/л до 0,05÷0,1 мг/л, а также расход флокулянтов и коагулянтов в 2-3 раза. При этом обеспечивалось высокое качество воды. Побочные продукты, образующиеся при обеззараживании питьевой воды и сточных вод в результате химических реакций между средствами дезинфекции и молекулами органических веществ, присутствующими в воде, могут быть причиной возникновения неприятного вкуса и запаха воды, либо образования в воде токсичных или канцерогенных веществ.

Поэтому технология «Ультразвук + Ультрафиолет» реализованная в бактерицидных установках серии «Лазурь» успешно используется для обеззараживания питьевой воды и сточных вод как в системах индивидуального использования, так и в промышленных масштабах. Как пример можно привести результаты длительного исследования обеззараживающих свойств бактерицидных установок «Лазурь», проведенного одной из крупнейших в мире компаний по производству средств водоочистки Rand Water Board в Южно-Африканской Республике в 1998 – 2003 г.г. [6].

По заключению специалистов этой компании, использование данного способа обеззараживания воды, по сравнению с традиционными УФ методами (при промышленных производительностях установок), эффективнее в 100–1000 раз, а экономические затраты на обработку 1 м<sup>3</sup> в 2...3 раза ниже (см. таблицу 1 и рис. 2).

Таблица 1

	Входная концентрация (орг/мл)	Выходная концентрация (орг/мл)	
		УФ	УФ+УЗ
1. Тест: E. Coli	$2 \cdot 10^6$	99,99	99,9999
2. Тест Aspergillus niger *	$8 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^3$
* (самая сильная из известных спора плесени). Этот вид спор плесени эффективно не уничтожается ни ультрафиолетом, ни озоном.			

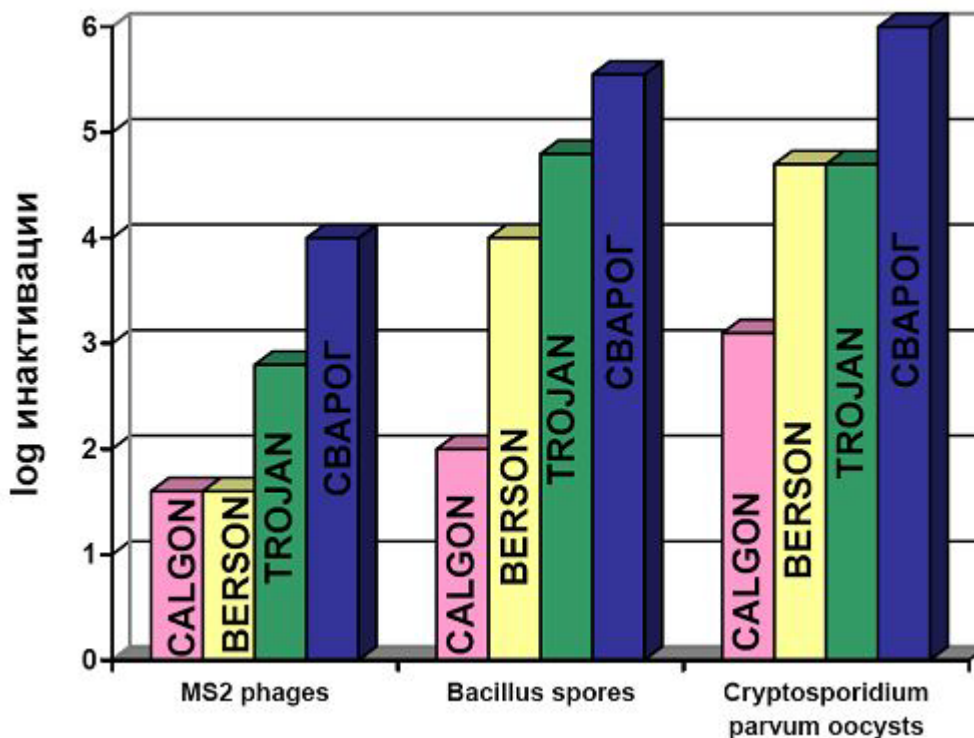


Рис. 2

Установлено, что эффективная инактивация ооцист криптоспоридий осуществляется в диапазоне 250 - 270 нм, поэтому для обеззараживания воды 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 РФ дозы УФ-облучения потока в  $16 - 25 \text{ мДж/см}^2$  для питьевой воды и  $30 \text{ мДж/см}^2$  [10] для хозяйственно-бытовых и промышленных стоков не обеспечивают необходимой инактивации всех видов патогенной микрофлоры. Более того, следует учитывать наметившееся в последнее время повышение устойчивости микрофлоры к воздействию хлора, озона и ультрафиолета. 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 ультрафиолету - в 4 раза [7]. Это означает, что с учетом дальнейшего повышения устойчивости микроорганизмов, спор, вирусов и простейших, к перечисленным выше методам обеззараживания питьевой 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 УФ-облучения определена в  $40 \text{ мДж/см}^2$ , а во всех проектируемых станциях по обработке питьевой воды и сточных вод закладывается доза УФ-облучения  $70 \dots 100 \text{ мДж/см}^2$ . Некоторые сдвиги по увеличению дозы облучения появились и у нас [8], но они пока слишком робкие. Поэтому производители оборудования, из-за необходимости увеличения себестоимости

изготовления, не спешат учитывать современные требования. Иногда для борьбы с конкурентами составляются псевдонаучные отчеты публикуются статьи, подписываемые учеными чьи научные интересы даже не пересекались с обсуждаемой темой. Особую озабоченность вызывает то пренебрежение к читателям с которым мы сталкиваемся читая такие публикации, где эти авторы предполагая, что никто не захочет переводить текст с иностранного языка, производят прямой подлог результатов исследования зарубежных ученых с положительных на отрицательные [9].

Так по данным Blume T., Neis Г., которые провели большой объем исследований в рамках своей работы «Стерилизация сточных вод ультразвуком в комбинации с обычными процессами дезинфекции», проведенной с 01.11.2000г. по 31.10.2004г. в Technische Universitat Hamburg-Harburg подтверждено, что: «...комбинация процесса «Ультразвук + Ультрафиолет» не только эффективна, но и энергетически предпочтительнее, чем только ультрафиолетовое облучение» (см. **рис. 3**) [9]. Мы видим, что после 5 сек. ультразвука и 10 сек. УФ облучения получается степень инактивации, недостижимая даже после 30 сек. обработки среды только ультрафиолетом. Но и эти 30 сек. только УФ облучения не достаточны для достижения необходимого уровня дезинфекции, предписанного директивными документами.

Результаты исследований воздействия УФ + УЗ  
на сточные воды, проведенные в Technische  
Universitat Hamburg-Harburg (Германия) Блуме Т.

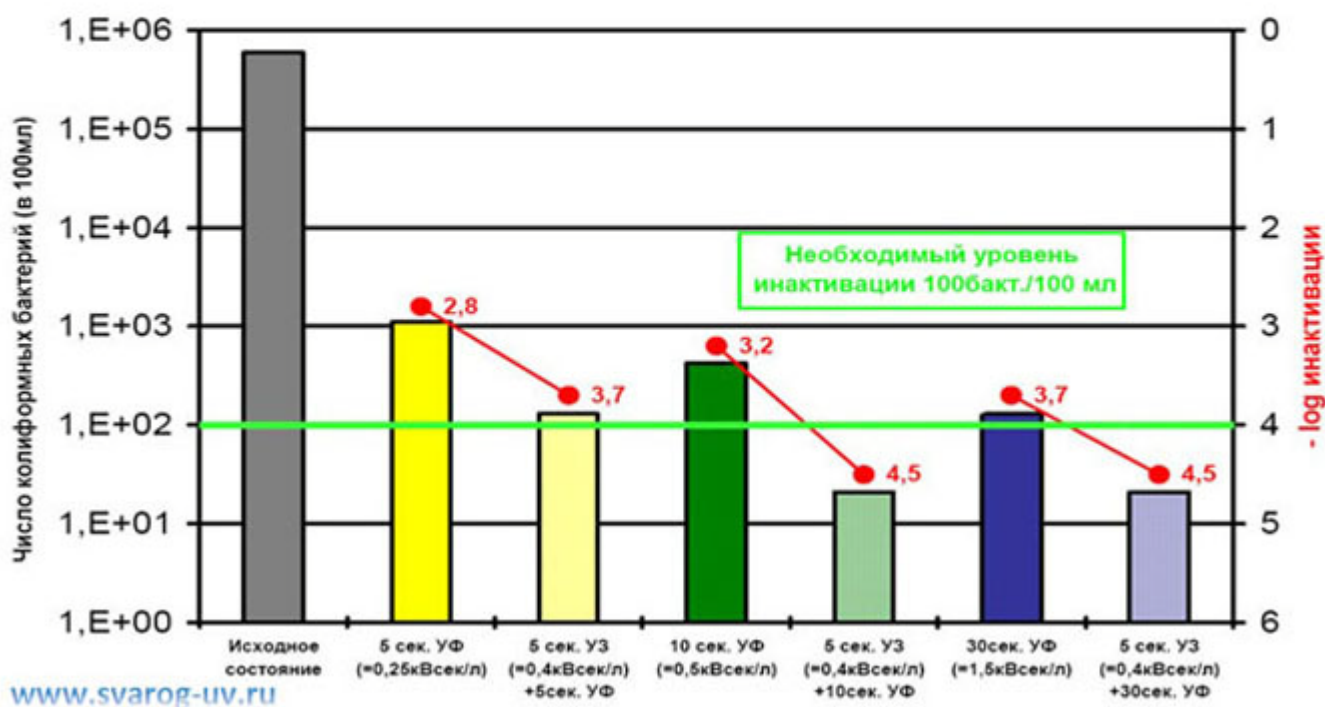


Рис. 3

Еще одним мифом о вредности ультразвука является то, что его механическое воздействие увеличивает общее число микроорганизмов в воде. На самом деле количество микроорганизмов не изменяется, но при существующей методике измерений тщательное перемешивание влияет на их количество в заборной пробе. Источник [10] прямо говорит об этом: «2.11. ... После механической очистки частота выделения вирусов может незначительно возрасть за счет дезагрегирования крупных конгломератов и реадсорбции вирусов».

Высокие технико-эксплуатационные показатели выпускаемого оборудования, обеспечивают промышленную востребованность технологии «Лазурь» и современный уровень развития УФ-технологии, что в целом создает условия для масштабного применения ультрафиолета в различных

областях коммунального хозяйства и решения проблем больших городов и крупных промышленных предприятий.

В настоящее время несколько ведущих производителей оборудования для гарантированно качественной обработки воды ведут научные разработки и предлагают технологию совмещенной обработки:

- Один из них - германская фирма «Grunbeck Wasseraufbereitung» еще 11 лет назад предложила систему «GRUNBECK GENO Break System IV», основанную на комбинации блоков ультразвукового и ультрафиолетового излучения и позволяющую уничтожать легионелл и их промежуточных хозяев амёб. Ими выпускаются несколько модификаций этой установки.
- В последние годы интенсивно разрабатывает и внедряет комбинированную «Ультразвук + Ультрафиолет» обработку воды международный консорциум «Atlantium». Созданы и успешно внедряются установки серии «RZ 104». Применение ультразвука позволяет достичь приведенной дозы по ультрафиолету до  $120 \text{ мДж/см}^2$ . Фирма называет этот метод «гидро-оптической дезинфекцией воды». Они уже внедряют свои установки в России на заводах корпораций по розливу напитков «The Pepsi Bottling Group», «Coca-Cola» и московском пивобезалкогольном комбинате «Очаково» с 2008г. [11].

Коллектив российских ученых различных направлений более 10 лет проводил работы по оценке эффективности губительного воздействия на яйца гельминтов и цисты патогенных кишечных простейших, находящихся в водной среде, с помощью только УФ и «Ультразвук + Ультрафиолет» методов дезинфекции природной, питьевой и сточных вод, что позволило дать санитарно-паразитологическую оценку этим методам. [12].

Было установлено, что оптимальная инактивирующая доза УФ-облучения при использовании производственных установок технологии УФ для протозойных патогенов находится в пределах  $35-40 \text{ мДж/см}^2$ , а для яиц гельминтов (в первую очередь - яиц аскарид, как наиболее резистентных) в диапазоне  $65 \text{ мДж/см}^2$ .

Экспериментальные исследования технологии одновременного воздействия ультрафиолетового излучения (УФ), ультразвука и акустических колебаний по определению паразитоцидного эффекта с использованием биотестирования в разных гидродинамических режимах эксплуатации установки (УФ более  $40 \text{ мДж/см}^2$  и ультразвук (УЗ) более  $2 \text{ Вт/см}^2$ ) показали, что полный паразитоцидный эффект наступает при использовании всех гидродинамических режимов.

Отмечено, что полный паразитоцидный эффект наступает лишь в условиях комплексного воздействия «Ультразвук + Ультрафиолет». В связи с тем, что ультразвук является прекрасным диспергатором, внесение в модельную жидкость, содержащую паразитарные патогены, окислителя (перекиси водорода) даже в небольших количествах ( $0,015$  от общего объема модельной жидкости) усиливает паразитоцидный эффект комплексного воздействия ультразвука и ультрафиолета, что позволяет вдвое увеличить номинальную скорость водотока и, тем самым, значительно снизить экономические затраты при использовании данной технологии очистки воды от возбудителей кишечных паразитарных заболеваний [12].

Примерная доля затрат энергии, идущая на обеспечение ультразвуковой компоненты, составляет в установках до  $10 \text{ м}^3/\text{час}$  менее  $10\%$  от общей, в установках с большими производительностями менее  $2\%$ . Приведенная доза по ультрафиолету превышает в этом случае  $65 \text{ мДж/см}^2$ , при том, что реальная доза только УФ составляет  $40-45 \text{ мДж/см}^2$ .

УФ-оборудование, выпускаемое ЗАО «Сварог», при оптимальной стоимости соответствует современным требованиям к промышленному оборудованию для водного хозяйства и нормативным документам, регламентирующим его применение, так как:

- в оборудовании реализована оптимально рассчитанная доза облучения, которая гарантирует достижение нормативных санитарно-бактериологических и паразитологических показателей качества обрабатываемой воды;
- используются бактерицидные ртутные лампы низкого давления, которые были специально разработаны и выпускаются ЗАО «Сварог» для установок обеззараживания воды. Их отличает высокий к.п.д. излучения в бактерицидном диапазоне - 35% - 40%, большой срок службы (до 16000 часов), рабочая температура поверхности ламп до 110°C;
- конструкция камеры обеззараживания позволяет обеспечить малые потери напора, поэтому эти установки могут успешно применяться как в напорных, так и в самотечных схемах. Разработаны различные конструктивные модификации оборудования, которые позволяют включить этап «Ультразвук + Ультрафиолет» - обеззараживания воды практически в любую схему очистных сооружений.
- в бактерицидных установках используются высококачественные конструкционные материалы: корпус камеры обеззараживания изготовлен из высококачественной нержавеющей стали, защитные чехлы - из стойкого кварцевого стекла, уплотнения выполнены из специального пластика.
- технология обеззараживания воды «Лазурь», использующая ультрафиолет и ультразвуковые акустические колебания обеспечивает практически полную инактивацию (уничтожение) патогенной микрофлоры.
- ультразвуковые излучатели, помещенные внутри камеры ультрафиолетовой обработки, работают и как стиральная машина, тщательно отмывающая поверхности корпуса и защитного кварцевого кожуха ультрафиолетового излучателя, что предотвращает их биообрастание и соляризацию. При правильной эксплуатации установок работы по очистке внутренней части фотохимического реактора и кварцевых трубок минимальны.
- Все обеззараживающие установки «Лазурь» соответствуют требованиям ГОСТ 12.2.051-80 «Оборудование технологическое ультразвуковое. Требования безопасности», что позволяет их использовать в составе любой технологической цепочки без специальных ограничений.
- В установках на пульт управления вынесены индикация о режиме работы установки, загрязнения кварцевых чехлов, счетчик времени наработки ламп и сигнализации об аварийных ситуациях. Особое внимание при разработке установок уделяется простоте и удобству обслуживания.

### **Список литературы:**

1. Ультразвук: Энциклопедия. – Под ред. И.П. Голяминой. – М., 1979г.
2. А.Н. Ульянов, д-р физ. мат. наук «Применение ультрафиолетового излучения совместно с физическими процессами для обработки воды в небольших населенных пунктах» // Журнал «Водоподготовка» №1 2004г стр. 13-16// журнал «Водоочистка» №4 2007г стр. 6-9.
3. А.Н. Ульянов, д-р физ. мат. наук (по материалам II международного конгресса по ультрафиолетовым технологиям) «Полномасштабные испытания ультрафиолетовой

дезинфекционной установки на месте ее эксплуатации»// журнал «Водоснабжение» №2 2005г стр. 22-26.

4. А.Н. Ульянов, д-р физ. мат. наук (по материалам международного конгресса по УФ-технологиям в июле 2003г) «Ультрафиолетовое излучение при дезинфекции питьевой воды»// журнал «Водоснабжение» №4 2003 г стр. 16-18.

5. van der Walt E. «The Use of UV in Combination with Physical Unit Processes for the Treatment of Raw Water in Small or Rural Communities (South Africa)» //Материалы 2-го международного конгресса по ультрафиолетовым технологиям июль 2003г.

6. Test report. (2007). Determination of the efficiency of inactivation of MS2 phage, Poliovirus, Cryptosporidium parvum and a bacterial cocktail in Adelaide drinking water-A detailed evaluation, AWQC.

7. По материалам Конгрессов 2 nd International Congress on Ultraviolet Technologies (2003), 9-11 July, Vienna, Austria, Third International Congress on Ultraviolet Technologies, IUVA, Telus Whistler Conference Centre, Whistler, BC, Canada; IOA/IUVA World Congress on Ozone and Ultraviolet Technologies. (2007), August 27-29, Hyatt Regency Century Plaza, Los Angeles, CA USA.

8. МУ 3.2.1757-03 «ПРОФИЛАКТИКА ПАРАЗИТАРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ. САНИТАРНО-ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ».

9. Torben Blume, Uwe Neis «Стерилизация сточных вод ультразвуком в комбинации с обычными процессами дезинфекции» (Некоторые результаты работы «Entkeimung von Abwasser mit Ultraschall in Kombination mit herkömmlichen Desinfektionsverfahren», проведенной с 01.11.2000г по 31.10.2004г в Technische Universität Hamburg-Harburg)

10. МУК 4.3.2030-05 «САНИТАРНО-ВИРУСОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД УФ-ОБЛУЧЕНИЕМ».

11. Каталог «AQUAexpert» (<http://www.aquaexpert.ru/tech/aqlogist>).

12. Новосильцев Г.И., Чернышенко А.И., Батаева М.Е. Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е.И. Марциновского Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова (Москва, Россия), Михайлова Р.И, Рыжова И.Н., Рахманин Ю.А. НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им А.Н. Сысина (Москва, Россия), Безр С.А. Институт паразитологии РАН (Москва, Россия), Ульянов А.Н. ЗАО "СВАРОГ" (Москва, Россия), Мельникова Л.И. ФГУ ЦМСЧ № 165 ФМБА России (Москва, Россия) «ОЦЕНКА ПАРАЗИТОЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ОТ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КИШЕЧНЫХ ПАРАЗИТАРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ» //Материалы московского международного водного форума ЭКВАТЕК-2008.