

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЛОКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Ахмедова О.О., Сошинов А.Г., Степанов С.Ф.

Камышинский технологический институт (филиал) ВолгГТУ, Камышин, Россия (403870, г. Камышин, ул. Ленина, 6^а), e-mail: epp@kti.ru.

Вторичная утилизация уже использованной воды сокращает уровень загрязнения природных массивов, принимающих сточные воды. На вторичное использование могут направляться как бытовые стоки, так и городские и промышленные. Вторичное использование решается при условии, если будет обеспечена полная экологическая безопасность (т.е. такое использование не должно наносить ущерб сложившейся экосистеме, почве и культурным растениям), а также исключён всякий риск для местного населения в санитарно-гигиеническом отношении. Наиболее перспективными электрофизическими методами обеззараживания воды является: УФ-облучение, озонирование, ультразвуковая и СВЧ обработка. Однако использование в одной установке водоочистки сразу четырех электрофизических методов воздействия связано с применением дорогостоящего оборудования и высокими эксплуатационными затратами. Поэтому наиболее эффективное использование возможно в случае «направленного» применения для деструкции загрязнений. Успешное решение этой задачи возможно при комплексном подходе, основанном на разработке эффективных технологических схем и использовании оборудования для применения комплексной очистки сточных вод от биологически стойких органических загрязнений и тяжелых металлов.

Ключевые слова: вторичное использование стоков, ультрафиолетовое, ультразвуковое, СВЧ воздействие, озонирование.

WORKING OUT OF THE SCHEME OF LOCAL INSTALLATION OF SEWAGE TREATMENT WITH DEFINITION OF OPTIMUM SEQUENCE OF INFLUENCE OF ELECTROPHYSICAL METHODS

Akhmedova O.O., Soshinov A.G., Stepanov S.F.

Kamyshinsky institute of technology (branch) of VolgGTU, Kamyshin, Russia (403870, Kamyshin, Lenin's street, 6a), e-mail: epp@kti.ru.

Secondary recycling of already used water reduces level of pollution of the natural files accepting sewage. On secondary use can go both household drains, and city and industrial. Secondary use dares under a condition if full ecological safety (i.e. such use shouldn't cause a damage to the developed ecosystem, soil and cultural plants) is provided, and also any risk for local population in the sanitary-and-hygienic relation is excluded. The most perspective electrophysical methods of disinfecting of water is: the Uf-irradiation, ozonization, ultrasonic and the microwave oven processing. However use in one installation of water purification four electrophysical methods of influence is connected at once with application of the expensive equipment, and high operational expenses. Therefore most the effective utilization is possible in case of "the directed" application for destruction of pollution. The successful decision of this problem probably at the complex approach based on working out of effective technological schemes and use of the equipment for application of complex sewage treatment from biologically proof organic pollution and heavy metals.

Keywords: Secondary use of drains, ultra-violet, ultrasonic, the microwave oven influence, ozonization.

Вторичное использование стоков зданий после соответствующей обработки может успешно способствовать решению кризисных ситуаций, существующих в регионах с недостаточными запасами водных ресурсов, и, как следствие, водосберегающие технологии приобретают здесь чрезвычайно большое значение.

Такую воду можно использовать в следующих целях:

- 1) бытовая техническая вода для санузлов;
- 2) поливка зелёных насаждений садово-парковых зон, спортивных полей и пр.;
- 3) мойка улиц, тротуаров, пешеходных переходов и т.п.;
- 4) водоснабжение декоративных фонтанов;
- 5) мойка автотранспортных средств.

Перед вторичным использованием регенерированной воды необходимо обеспечить определённый уровень качества, особенно в отношении санитарно-гигиенических требований. Традиционные методы обработки воды для обеспечения такого качества недостаточны. Необходимы новые альтернативные технологии очистки и дезинфекции, при помощи которых удастся снизить уровень содержания в воде микробов и выйти на требуемый уровень качества воды при относительно невысокой стоимости энергозатрат. Наиболее перспективными электрофизическими методами обеззараживания воды является: УФ-облучение, озонирование, ультразвуковая и СВЧ обработка.

Однако использование в одной установке водоочистки сразу четырех электрофизических методов воздействия связано с применением дорогостоящего оборудования и высокими эксплуатационными затратами. В связи с этим разработка локальной установки очистки сточных вод, позволяющей улучшить микробиологические показатели, снизить потери электроэнергии за счёт оптимально подобранной последовательности воздействия электрофизических методов, является актуальной научной задачей.

При рассмотрении совместного влияния озонирования и ультразвукового воздействия на осаждение тяжелых металлов видно, что комплекс этих методов даёт неудовлетворительные результаты, это связано с деструкцией озона в кавитационных пузырьках, следовательно, данные электрофизические методы должны быть применены на разных этапах очистки [3,4].

На первом этапе применяется предозонирование сточных вод, позволяющее добиться осветления воды и удалить из неё тяжелые металлы, т.е. подготовить её для дальнейшего этапа очистки. На втором этапе одновременно используются методы волнового воздействия: УФ, УЗ, СВЧ обработка.

На эффективность обеззараживания определяющее влияние оказывает присутствие в воде взвешенных частиц, которые защищают микроорганизмы от УФ облучения. Значения мутности, как правило, не оказывают влияния на эффективность обеззараживания. На диаграмме показана эффективность обеззараживания сточных вод при различных значениях взвешенных веществ.

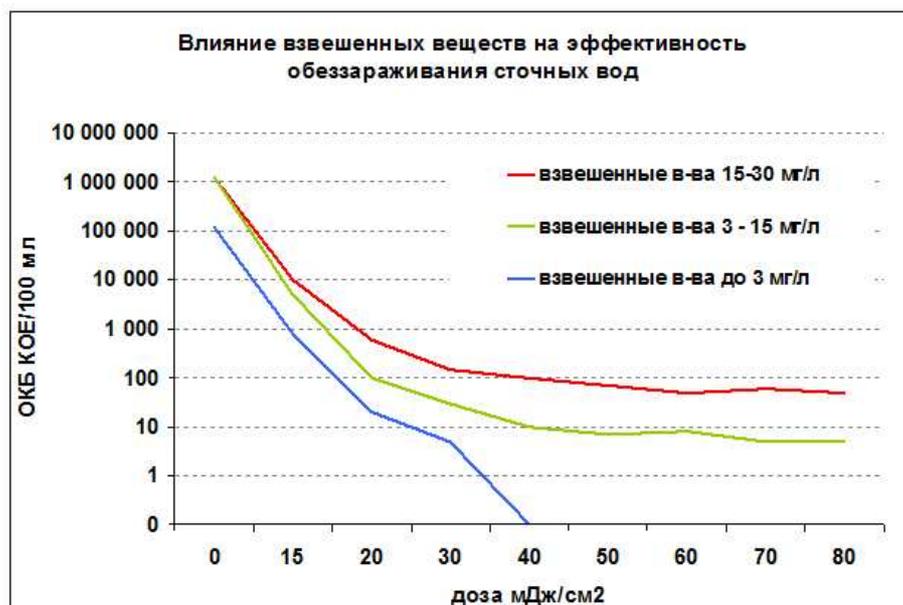


Рис. 1. Влияние взвешенных веществ на эффективность обеззараживания сточных вод

Значительное снижение микроорганизмов происходит уже при облучении малыми дозами. В диапазоне от 15 до 30-40 мДж/см² кривые имеют выраженный уклон, а по достижении определенного уровня дальнейшее увеличение дозы не приводит к ощутимому снижению микроорганизмов. Кривая делается пологой, достигается так называемая «полка». Количество взвешенных веществ определяет среднее значение микробиологического показателя, при котором будет достигнута «полка» обеззараживания. Так, при концентрации взвешенных веществ до 15 мг/л возможно обеспечить обеззараживание сточных вод до уровня десятков единиц микроорганизмов в 100 мл, т.е. на порядок меньше нормируемого сейчас, а при концентрации взвешенных веществ 20–30 мг/л «полка» определяется уже на уровне близком к сотне, т. е. на границе нормируемого уровня.

Различные виды микроорганизмов при одинаковых условиях и в одной и той же среде имеют различную степень сопротивляемости к УФ излучению. Это различие обусловлено строением микроорганизмов и называется УФ чувствительностью.

Сравнительный анализ показал, что споры *B.subtilis* наиболее устойчивы к воздействию УФ-облучения, практически такую же высокую сопротивляемость показали бактериофаги MS2. По шкале сопротивляемости средние позиции занимают три вируса: полиовирус, ротавирус и фаг B40-8. Фаги РН1 X 174 и *E.coli* оказались наиболее уязвимыми к воздействию УФ-облучения. Кривые инактивации патогенных микроорганизмов и микроорганизмов индикаторов представлены на рис. 4.

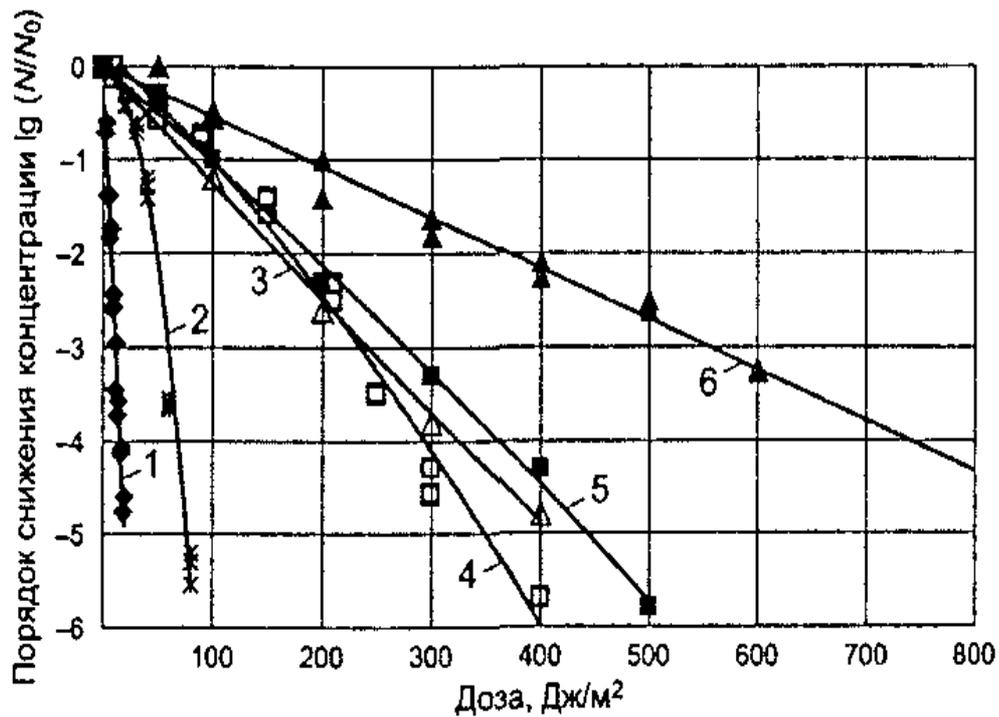


Рис. 2. Инактивация на длине волны УФ-излучения 253,7 нм патогенных микроорганизмов и микроорганизмов-индикаторов

1 – PHX174; 2 – E.coli; 3 – polio virus; 4 – B40-8; 5 – rota virus; 6 – MS2.

Следует отметить, что некоторые бактерии обладают способностью восстанавливаться, в частности, патогенные штаммы E.coli. Наиболее частый способ восстановления – фотореактивация, осуществляемая ферментами фотолиазами. Эти ферменты начинают активироваться под воздействием энергии света, лежащего в спектре, смежном ультрафиолетовым, а также в фиолетово-голубом спектре. В ходе исследования было установлено, что для снижения концентрации наиболее устойчивых к УФ-облучению штаммов E.coli на шесть порядков после фотореактивации требуемая доза в 2,5 раза больше, чем без фотореактивации. Использование метода озонирования на предварительном этапе позволит инактивировать данный штамм ещё до УФ-облучения дозой около 1 мг/л.

В процессе одновременного воздействия ультрафиолетового излучения, ультразвук на водную среду образуются мощные окислители, однородно распределенные по обрабатываемому объему, что позволяет повысить эффективность бактерицидной установки и уничтожить микроорганизмы, вирусы и простейшие в концентрациях до 10^6 ед/л.

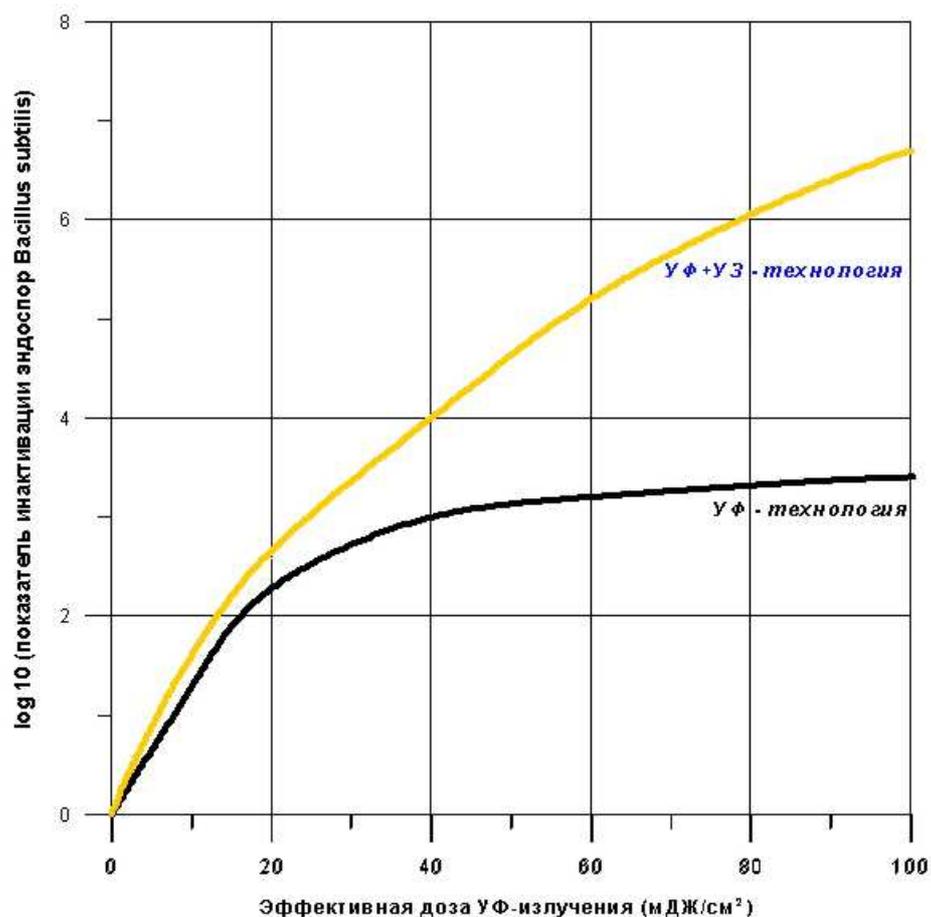


Рис. 3. Технология обеззараживания сточной воды использует одновременное воздействие ультрафиолета и ультразвука для инaktivации патогенной микрофлоры

Среди паразитических патогенов, распространяющихся с водой, непосредственную угрозу здоровью человека чаще всего представляют цисты лямблий и ооцисты криптоспоридий. В связи с высокой устойчивостью к окислению оболочки простейших долгое время считалось, что приемлемого средства борьбы с этими микроорганизмами не существует, но при применении энергии СВЧ поля для обеззараживания сточных вод наблюдается инaktivация простейших уже при небольших дозах воздействия.

Данный метод позволяет уничтожить различные виды бактерий и вирусных инфекций:

1. Вегетативные микроорганизмы: *E.coli*, *Staphilococcus*, *Streptococcus*, *Ps.aeruginosa*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Cholera*, *Typhus germs*, *Salm*;
2. Споры: *Bacillus Subtilis*, *Bacillus Cereus*, *Bacillus Stearothermophilus*;
3. Грибы: *Candida albicans*;
4. Вирусы: Грипп А, Hepatitis А, В,С, polio.

Следовательно, при использовании нескольких электрофизических методов воздействия на индикаторные микроорганизмы будет наблюдаться «усиливающий» эффект, т. е. инaktivация микроорганизмов при меньшей дозе, чем при использовании электрофизических методов в отдельности. Кроме того, при использовании комплекса электрофизиче-

ских методов обеззараживания из-за различной чувствительности микроорганизмов к разным методам воздействия будет деактивировано большее число разнообразных патогенных микробов.

Принцип действия локальной установки очистки сточных вод

В первый узел входит озонаторная камера, в которой происходит процесс насыщения небольшими дозами озона, вследствие чего все химические соединения вступают в окислительную реакцию и образуют нерастворимые частицы. Вода при этом мутнеет и содержит большое количество взвешенных веществ. Проходя через угольный фильтр сточные воды становятся прозрачными, в них отсутствуют химические примеси, но остается проблема присутствия патогенных микроорганизмов. В сечении барботажного реактора предусмотрены стеклянные трубки, создающие стесненные условия для движения озонозодушной смеси, тем самым увеличивающие время контакта диспергированной газовой фазы со сточной водой и как следствие – более полное использование озона, что приводит к уменьшению затрат электроэнергии.

На второй стадии производится обеззараживание воды одновременным воздействием ультрафиолетом, ультразвуком и сверхвысокими частотами.

Ультрафиолетовая обработка воды осуществляется посредством использования амальгамных ламп низкого давления. Лампы расположены в верхней части установки коллинеарно движению жидкости, для наиболее эффективного облучения воды. Применение амальгамных ламп объясняется тем, что они имеют больший срок службы (около 12000 часов), чем обычные ультрафиолетовые лампы, а также меньшую потребляемую мощность.

Ультразвуковое воздействие на воду осуществляется путем применения пьезоэлектрического генератора. КПД пьезоэлектрических преобразователей достигает 90 %, интенсивность излучения – несколько десятков Вт/см².

При обработке проходящего потока воды ультразвуком от излучателя, размещенного непосредственно в камере ультрафиолетового облучателя, в воде возникают короткоживущие парогазовые “каверны”, которые появляются в момент локального снижения давления в воде и “схлопываются” при “сжатии” воды. Скорость схлопывания очень высокая, и в окрестности точек схлопывания возникают экстремальные параметры – огромные температура и давление. Вблизи точек схлопывания полностью уничтожается патогенная микрофлора, образуются активные радикалы. “Каверны” возникают в объеме камеры ультрафиолетового излучателя с частотой несколько десятков кГц, преимущественно на неоднородностях. В качестве неоднородностей могут служить споры грибов, бактерии.

Обработка сверхвысокими частотами производится с помощью СВЧ генератора, который состоит из магнетрона, коаксиального возбуждателя и амальгамной безэлектродной лампы.

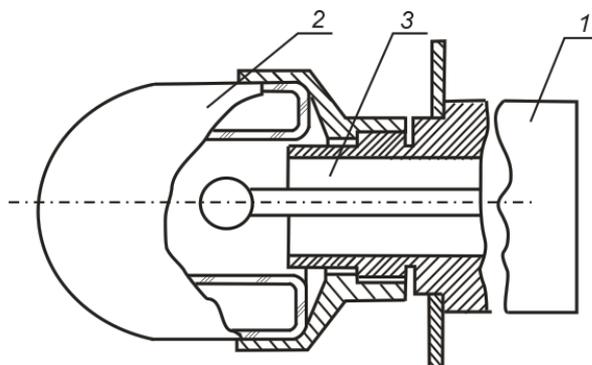


Рис. 4. СВЧ-генератор

При включении магнетрона 1, СВЧ-энергия генерируемых им электромагнитных колебаний (частота 2450 МГц) через коаксиальный возбуждатель 3 поступает в рабочий объем безэлектродной СВЧ-газоразрядной аргоно-ртутной амальгамной лампы 2 и в камеру. В лампе 2 зажигается СВЧ-разряд сначала в стартовом газе (аргоне), а затем в парах рабочего вещества (ртути). Часть энергии СВЧ-колебаний расходуется на поддержание СВЧ-разряда в лампе 2 и соответственно преобразуется в УФ-излучение, а часть продолжает поступать в рабочую камеру.

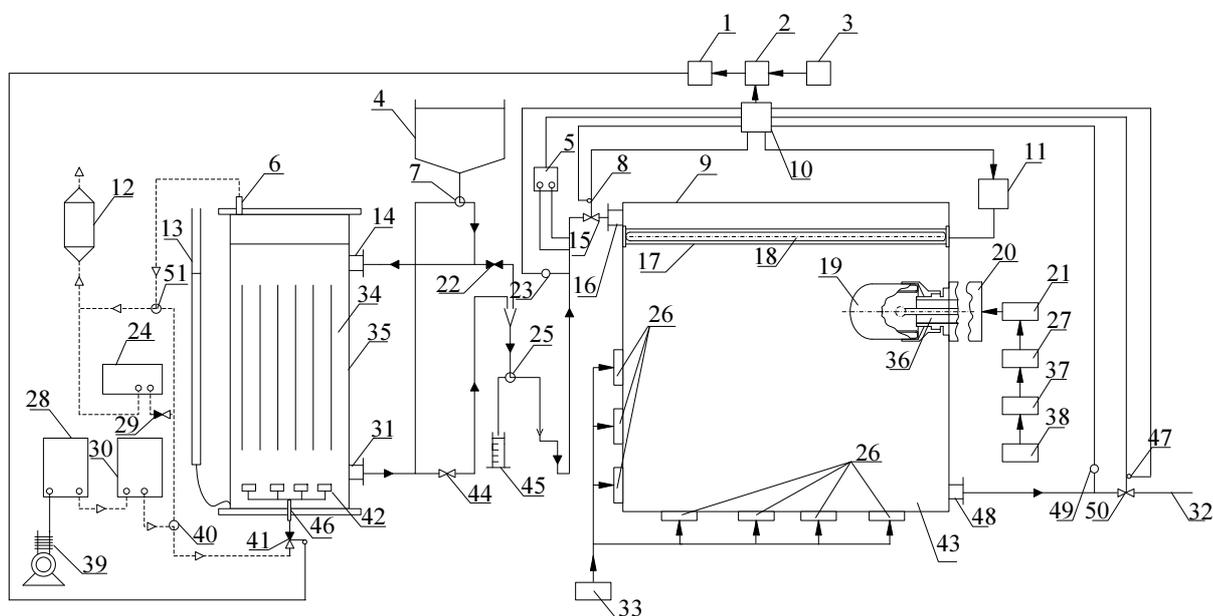


Рис. 5. Схема локальной установки очистки сточных вод

Локальная установка состоит из следящего привода 1, сравнивающего устройства 2, задающего устройства 3, бака с исходной водой 4, мутномера 5, патрубков 6, 14, 16, 31, 48, 46, кранов 7, 22, 25, 40, 44, 50, 51, датчиков положения электрифицированных задвижек 8, 47, отражательного рефлектора 9, блока управления 10, коммутатора 11, деструкто-

ра озона 12, пьезометра 13, электрифицированных задвижек 15, 50, кварцевого чехла 17, ультрафиолетового облучателя 18, безэлектродной СВЧ-газоразрядной лампы 19, магнетрона 20, высоковольтного выпрямителя 21, датчиков давления 23, 49, газоанализатора 24, пьезоэлектрических пластин 26, повышающего трансформатора 27, блока очистки и осушки воздуха 28, обратного клапана 29, озонатора 30, отводящего трубопровода 32, источника питания ультразвукового пьезоэлектрического элемента 33, трубчатых вставок 34, барботажного реактора 35, коаксиального возбуждателя 36, инвертора 37, сетевого выпрямителя 38, компрессора 39, вентиля 41, устройством для диспергирования газа 42, контактной камеры 43, мерного цилиндра 45.

Список литературы

1. Алексеев С.Е. Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водочистка. – 2007. – №2. – С.23 – 27.
2. Булеков С.Н. Вторичное использование сточных вод // Водочистка. – 2006. – №9. – С.35 – 38.
3. Гинберг А.М. Влияние ультразвуковых колебаний на электроосаждение металлов и сплавов // Журн. ВХО им. Менделеева. – 1963. – Т. 8. – №5. – С. 502 -515.
4. Костюченко С.В., Васильев С.А., Волков С.В., Якименко А.В. Требования к современному оборудованию для обеззараживания питьевой воды ультрафиолетовым излучением // Водоснабжение и санитарная техника. – 1998. – №11. – С. 11 – 13.
5. Кудрявцев Б.Б. Распространение звука в жидкостях // Применение ультразвука к исследованию вещества. – 1958. – № 7. – С. 257 – 268.
6. Хмелёв В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: научная монография / Алт. гос. Техн. Ун-т. им. И.И. Ползунова. – Барнаул: изд. АлтГТУ, 1997. – 160 с.
7. Шлифер Э.Д. Установка комбинированной бактерицидной обработки // Патент Российской Федерации №2173562.

Рецензенты:

Артюхов И.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий», Саратовский государственный технический университет, г. Саратов.

Угаров Г.Г., д.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Саратовский государственный технический университет, г. Саратов.