

поверхности фасонных фрез формообразующей поверхностью параллельных осей фрезы и круга, так при наклонной установке круга показано, что при значении φ близкого к нулю для получения положительных $\alpha_{ст}$ необходимо чтобы ось круга была наклонена по отношению к оси фрезы. В этом случае задний угол $\alpha_{ст}$ равен углу наклона оси шлифовального круга.

Список литературы

1. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. – К: Вища школа, 1986-455с.
2. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. – К: Вища школа, 1990-424с.
3. Равська Н.С., Родін П.Р. Мельничук П.П. Металорізальний інструмент. – Житомир. ЖДТУ: 2007. – 612с.
4. Равская Н.С., Родин П.Р. Основы теории затылования режущих инструментов. – Современные технологии в машиностроении, Т.1.

УДК 534-8, 621.647.23

**А.Ф. Луговской, д-р техн.наук, проф., А.В. Мовчанюк, канд.техн.наук,
И.А. Гришко, маг.
НТУ Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина**

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Розглянуто особливості різних методів обеззараження води, наведено порівняльний аналіз їх ефективності при знешкодженні мікроорганізмів. Дана оцінка ступеню впливу вказаних методів на організм людини.

Having discussed peculiars of different methods of decontamination of water. The comparative analyses of their effectiveness of distraction of microorganisms is given. The estimation the steps of influence of the given methods to human organism is received

Стремительное увеличение населения, а также интенсивное развитие промышленных производств, использующих в технологических целях воду, постепенно вывело на первое место проблему получения и сохранения пресной воды.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности человека необходима вода, отвечающая очень строгим санитарно-гигиеническим нормам. При рассмотрении технологического процесса получения питьевой воды необходимо комплексно рассматривать вопросы обеззараживания и фильтрации.

Существующие ныне методы обеззараживания воды можно разделить на четыре основные группы:

- химические, связанные с применением сильных окислителей. В качестве окислителей используют хлор, диоксид хлора, гипохлорит натрия, озон, марганцево-кислый калий, йод, перекись водорода;

- физические, реализуемые с помощью ультрафиолетовых лучей, ультразвука, радиоактивного излучения [1];

- термические, реализуемые за счет кипячения и замораживания;

- метод насыщения воды ионами благородных и цветных металлов – серебра, меди и др., обладающих бактерицидным действием [2].

Каждый из перечисленных методов имеет свои особенности воздействия на воду, имеет преимущества и недостатки.

Для создания высокоэффективного и оптимального по стоимости оборудования для стерилизации воды необходимо рассмотреть особенности воздействия каждого из известных методов на присутствие в воде микроорганизмов.

Целью излагаемого материала является анализ преимуществ и недостатков существующих методов стерилизации воды и оценка целесообразности их применения при борьбе с конкретными видами микроорганизмов.

Наиболее распространенным и эффективным способом обеззараживания, особенно больших объемов воды, является хлорирование и озонирование [3].

Хлор является практически универсальным средством для обработки питьевой и сточных вод. Кроме главной функции - дезинфекции, благодаря уникальным окислительным свойствам и консервирующему эффекту последствия, хлор служит и другим целям- контролю за вкусовыми качествами и запахом, предотвращению роста водорослей, поддержанию в чистоте фильтров, удалению железа и марганца, разрушению сероводорода, обесцвечиванию и т.п. В этом смысле ни одно из альтернативных хлору средств не может сравниться с ним по универсальности и простоте применения.

При хлорировании воды бактерии, находящиеся в воде, погибают. Хлор действует и на органические вещества, окисляя их. Поэтому хлорирование является также хорошим средством, предотвращающим размножение в воде различных микроорганизмов. Установлено, что в результате взаимодействия хлора с протеинами и аминокислотами, содержащимися в оболочке бактерий и их внутриклеточном веществе, происходят окислительные процессы, химические изменения внутриклеточного вещества, распад структуры клеток и гибель бактерий и микроорганизмов. Хлорирование воды является надежным средством, предотвращающим распространение эпидемий, так как большинство патогенных бактерий, например, бациллы брюшного тифа, и возбудители дизентерии, вибрионы холеры, вирусы энцефалита весьма нестойки по отношению к хлору. Однако спорообразующие бактерии и некоторые вирусы, например, желтухи, хлор не уничтожает, что является одним из недостатков этого метода обеззараживания.

Многолетний опыт использования хлора для обеззараживания воды позволил выявить отдельные недостатки этого метода [4]:

- хлор является сильно действующим ядовитым веществом, поэтому очистные станции, использующие хлор для обеззараживания, являются объектами повышенной опасности;

- необходимость точной дозировки хлора. Недостаточная доза хлора может привести к тому, что он не окажет необходимого бактерицидного действия, а излишняя доза хлора ухудшает вкусовые качества воды;

- необходимость обеспечения хорошего смешивания хлора с водой и достаточной продолжительности их контакта (не менее 30 минут);

- необходимость хранения большого запаса хлора на станциях. Так как из одного баллона (при комнатной температуре) может быть получено лишь около 0,5-0,7 кг хлора в час, то при большом общем расходе хлора может возникнуть необходимость одновременного использования значительных емкостей;

- необходимость соблюдения особых правил при устройстве хлораторных установок. При проектировании и эксплуатации хлораторных установок необходимо предусматривать меры защиты обслуживающего персонала от вредного действия хлора.

Одним из недостатков хлорирования воды является образование побочных продуктов – галогенсодержащих соединений (ГСС), большую часть которых составляют тригалометаны (ТГМ): хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан и бромформ. Образование тригалометанов обусловлено взаимодействием соединений активного хлора с органическими веществами природного происхождения. Процесс образования тригалометанов растянут во времени до нескольких десятков часов, а их количество при прочих равных условиях тем больше, чем выше рН воды. Поэтому применение гипохлорита натрия или кальция для дезинфекции воды вместо молекулярного хлора не снижает, а значительно увеличивает вероятность образования тригалометанов.

Однако главным недостатком использования хлора для обеззараживания питьевой воды является то, что он в прямом смысле отравляет воду за счет образования хлорпроизводных органических и неорганических соединений, в том числе диоксинов (их более 100). Строго говоря, это явление, освобождая воду от одного негатива – инфекции «награждает» ее другим негативом – потенциальными последствиями мутагенного и канцерогенного влияния на организм человека.

Разновидностями способа обеззараживания воды путем хлорирования является применение гипохлорита натрия, диоксида хлора и хлорамина.

Использование гипохлорита натрия NaClO , получаемого путем электролиза поваренной соли, является одним из наиболее перспективных способов хлорирования воды. Однако опыт применения гипохлорита натрия показывает его низкую эффективность в борьбе с цистами (*Giardia*, *Cryptosporidium*).

Хлор и побочные продукты хлорирования в питьевой воде могут представлять большую опасность, чем вещества, которые ими уничтожаются. Накопление хлорсодержащих соединений в организме человека приводит к заболеваниям мочевого пузыря, печени, желудка, кишечника, сердца, а также атеросклерозу, раку, анемии и аллергическим реакциям. Хлор может разрушать белки организма и оказывать неблагоприятное влияние на кожу и волосы.

Озоновая очистка воды считается наиболее экологически чистым и универсальным методом ее обработки [5].

Наряду с обеззараживанием, озоновая очистка воды приводит к улучшению вкуса и уничтожению запахов воды. Бактерицидное действие озона связано с активным проникновением этой химически активной формы кислорода через клеточные мембраны и с последующим окислением органических веществ, что и вызывает гибель бактериальной клетки. Важно и то, что озоновая очистка воды позволяет окислять минеральные соединения и химические вещества. В свою очередь окислы легко задерживаются в угольных фильтрах на следующей ступени водоочистки – фильтрации.

Применение озонной очистки воды не ограничивается основными направлениями водоподготовки: очистка питьевой воды из поверхностных или подземных источников, очистка сточных вод, очистка воды в системах оборотного водоснабжения бассейнов. При помощи озонной очистки воды могут быть приведены в соответствие жестким требованиям промышленные и городские сточные воды (по содержанию фенолов, нефтепродуктов и ПАВ, по микробиологическим показателям). А озонная очистка бутилированной питьевой воды придает ей дезинфицирующие свойства и особый родниковый вкус.

Опыт использования очистки воды при помощи озонирования говорит о том, что эту технологию можно и нужно применять не только на мощных водопроводных станциях, отвечающих за снабжение водой крупных городов, но и в системах водоподготовки малой и средней производительности.

Очистка воды при помощи озонирования требует наличия определенного комплекса оборудования, к которому относятся:

- озонатор, в котором осуществляется выработка озона из воздуха или кислорода;
- система введения озона в воду и его смешения;
- реактор — емкость, в которой за счет перемешивания и выдержки обеспечивается необходимое время реакции озона с водой;
- деструктор озона для удаления остаточного непрореагировавшего озона;
- приборы контроля озона в воде и воздухе.

Указанное оборудование должно быть размещено в отдельном помещении, оборудованном вентиляцией.

Из-за насыщения воды озонно-воздушной смесью она приобретает высокую окислительную способность и становится коррозионно-активной. Особенно коррозионная активность может возрасти при повышении температуры или снижении давления в системе (падает растворимость кислорода в воде). Это требует использования оборудования и материалов, стойких к озону (трубы из ПВХ или нержавеющей стали, реакторы и емкости для хранения озонированной воды из ПВХ или бетона) и т.п.

В отличие от хлора, озон, будучи сильнейшим окислителем, является значительно более экологически приемлемым для обработки питьевой воды.

Преимущество озонирования состоит в том, что под действием озона одновременно с обеззараживанием происходит осветление воды и улучшение ее органолептических свойств.

Чистый озон не ухудшает природные натуральные свойства воды, так как его избыток через небольшой промежуток времени превращается в кислород. Однако излишние дозы озона при обработке питьевой и особенно сильно загрязненной органическими примесями воды может вызывать неприятный ароматический запах и вкус.

Озон также имеет такой недостаток, как образование канцерогенных компонентов в комбинации с бромом. Как результат процесса дезинфекции образуются ассимилированные окисленные компоненты. Они являются идеальной пищей для бактерий. Это приводит к необходимости использования биологически активных фильтров для удаления образующихся побочных продуктов.

Реализация способа обеззараживания воды путем озонирования требует высоких начальных затрат на оборудование и обучение обслуживающего персонала.

Широко известно обеззараживание воды путем введения в нее йодсодержащих соединений. Как бактерицидный агент, йод известен довольно давно и широко применяется в медицине. Сложности связаны с низкой растворимостью йода в воде, поэтому чаще всего используются его органические соединения.

Йодированием часто дезинфицируют воду в плавательных бассейнах. Существует ряд препаратов (т.н. йодные таблетки), используемые для индивидуальной дезинфекции воды в походных условиях. По некоторым оценкам это наиболее эффективное средство обеззараживания малых объемов воды в полевых условиях.

Метод ультрафиолетового обеззараживания (УФ-обеззараживания) использует, так называемое, УФ-С излучение с длиной волны 240-280 нм. В последнее время появилась информация о расширении указанного диапазона до 160 нм [6]. Этот вид излучения обладает энергией, достаточной для воздействия на химические связи, в том числе и в живых клетках.

Обеззараживающий эффект обеспечивается бактерицидным действием УФ излучения. УФ лучи, испускаемые ртутно-кварцевой лампой, имеют длину волны 254 нанометра (253,7 нм), вызывают разрушение или дезактивацию ДНК и РНК микроорганизмов (которые являются главной составляющей всех организмов), препятствуя их жизнедеятельности и размножению на генетическом уровне. Это касается всех микроорганизмов включая бактерии, вирусы, грибки, плесень, дрожжи и водоросли, которые присутствуют в воде, воздухе и на поверхности.

Степень дезактивации микроорганизмов пропорциональна интенсивности излучения ($\text{мВт}/\text{см}^2$) и времени облучения (с). Произведение интенсивности излучения на время называется дозой облучения ($\text{мДж}/\text{см}^2$) и является мерой бактерицидной энергии. В настоящее время все установки УФ-обеззараживания по дозе облучения подразделяются на установки с дозами излучения до $16 \text{ мДж}/\text{см}^2$, до $40 \text{ мДж}/\text{см}^2$ и свыше $40 \text{ мДж}/\text{см}^2$. При этом $16 \text{ мДж}/\text{см}^2$ – это минимальная доза, установленная нормами для применения [7].

УФ облучение питьевой воды обеспечивает:

- снижение количества патогенных бактерий не менее чем на 5 порядков;
- снижение количества индикаторных бактерий не менее чем на 1,6-6 порядков;
- снижение количества вирусов на 1,7-2,5 порядка.

Для достижения более значительной степени обеззараживания применяются установки УФ-обеззараживания с дозой облучения 40 мДж/см² (снижение по вирусам на 4 порядка) и 80 мДж/см² (дезактивирует цисты на 1-4 порядка).

Метод УФ-обеззараживания обеспечивает экологическую безопасность, высокую эффективность и экономичность. Технология УФ-обеззараживания, обладая очень высокой эффективностью воздействия на бактерии, вирусы и простейшие, имеет ряд преимуществ по сравнению с окислительными технологиями, а именно:

- отсутствие побочных явлений и вторичных продуктов, оказывающих негативное влияние на здоровье человека и водную среду, характерных для хлорирования и озонирования воды;
- отсутствие необходимости в организации специальных мер безопасности при работе с токсичными материалами (хлор, хлорсодержащие реагенты, озон);
- низкие эксплуатационные расходы, в связи с малой энергоемкостью УФ оборудования;
- компактность УФ оборудования, отсутствие периферийных систем для его обслуживания, отсутствие специального обслуживающего персонала.

Следует, однако, отметить, что эффективность УФ обеззараживания существенно зависит от мутности воды, ее жесткости (вызывает инкрустацию поверхности лампы), осаждения на поверхности лампы водорослей, микроорганизмов и органических загрязнений, а также колебаний в электрической сети, влияющих на изменение длины волны. УФ лампы со временем теряют интенсивность излучения.

К недостаткам данного метода надо отнести также отсутствие оперативного контроля за эффективностью обеззараживания и качества получаемой питьевой воды.

Продолжительность процесса УФ обеззараживания составляет 0,5-5 с, что позволяет использовать его при обработке проточной воды.

Термический метод обеззараживания воды дает практически полное обеззараживание воды при 5-10 минутном кипячении, хотя известны бактерии, которые выживают и при такой длительности кипячения.

Ионный метод обеззараживания воды заключается в использовании серебра. Такая технология более эффективна чем, например, хлорирование.

Серебро обладает сильным антимикробным эффектом. Бактерицидное действие серебра известно уже давно. Оно связано с процессом соединения ионов серебра с ферментными системами и оболочкой бактерий.

Однако, серебро – тяжелый металл, имеющий высокую степень опасности для здоровья (в одном ряду со свинцом, кобальтом, мышьяком и другими веществами). Как и другие тяжелые металлы, серебро способно накапливаться в организме и вызывать заболевания (аргироз – отравление серебром).

Медицинские исследования показывают, что при многолетнем употреблении "серебряной" воды серебро накапливается в организме: в почках, в костном мозге,

селезенке и особенно в звездчатых клетках печени. Накапливаясь, в частности, в коже и слизистых, серебро придает им своеобразную серо-зеленую окраску, особенно сильную на открытых местах тела. Ультрафиолетовые лучи усиливают пигментацию.

При отравлении серебром может наблюдаться ослабление зрения, помутнение хрусталика, изменение цвета зрачка и глазного дна.

Для реализации технологии обеззараживания воды с помощью серебра требуются достаточно большие концентрации, а в допустимых количествах (около 50 мкг/л) серебро способно оказывать лишь бактериостатическое действие, т.е. останавливать рост бактерий, не убивая их. А некоторые виды бактерий вообще практически не чувствительны к серебру.

Все эти особенности ограничивают применение серебра. Оно может быть уместно только в целях сохранения исходно чистой воды для длительного хранения (например, на космических кораблях). Часто используется серебрение фильтров на основе активированного угля. Это делается с целью предотвращения обрастания фильтра микроорганизмами, т.к. отфильтрованные органические вещества являются хорошей питательной средой для многих бактерий.

Метод обеззараживания воды с помощью ультразвука реализуется тремя механизмами путем механического разрушения бактерий в результате ультразвуковой кавитации, за счет перепада давлений по длине микроорганизма в стоячей ультразвуковой волне, и активизации химических окислительных процессов в кавитационной среде. Ультразвуковая кавитация возникает в жидкости вследствие прохождения звуковой волны большой интенсивности. В интенсивной звуковой волне образование кавитационных пузырьков происходит в полупериодах разрежения, а их захлопывание в полупериодах сжатия. При этом кавитационный пузырек, который возникает в полупериод разрежения, вследствие инерционности жидкости может не успеть захлопнуться в полупериоде сжатия. Поэтому он только немного уменьшает свой радиус и, совершая, таким образом, пульсирующее движение, может пропустить один или несколько полупериодов сжатия. Происходит, своего рода, накопление энергии в пузырьке с последующим быстрым ее высвобождением при захлопывании. Таким образом, мгновенная мощность, которая высвобождается, значительно превышает среднюю мощность, которую ультразвуковой преобразователь вводит в жидкость. Захлопывание кавитационных пузырьков сопровождается возникновением ударных импульсов давления, которые достигают 10^3 МПа, повышением температуры до 1000°C и электрическими разрядами. При этом разрушаются тифозные и туберкулезные палочки, возбудитель коклюша, вирусы полиомиелита, энцефалита и бешенства, бактерии таких видов, как стафилококки, стрептококки и т.д. [8]. Однако в ультразвуковой волне малой интенсивности (менее 2 Вт/см^2) наблюдается интенсификация развития микроорганизмов.

Наиболее губительно действие ультразвука с длиной волны, соизмеримой с размерами облучаемых микроорганизмов.

На частотах от 20 до 30 кГц основная масса бактерий гибнет за 2-5 с.

Аппараты ультразвуковой стерилизации при выполнении их из кавитационно стойких материалов имеют весьма продолжительный срок службы, обеспечивают стабильное качество обработки воды и не требуют обслуживания, высокое быстродействие ультразвуковой стерилизации позволяет использовать этот метод для обработки как стоячей, так и проточной воды.

Для ультразвуковой кавитационной обработки не имеет значения замутненность воды. Вследствие разрушения в кавитационной среде кристаллической решетки солей на внутренних поверхностях кавитационных аппаратов не наблюдается инкрустация. Ультразвуковая кавитационная обработка жидкости может применяться одновременно с фильтрацией. При этом фильтроэлемент, помещенный в зону кавитации, постоянно очищается, обеспечивая стабильность своих характеристик.

Для достижения уровня развитой кавитации при стерилизации воды используют высокоамплитудные ультразвуковые излучатели с трансформаторами скорости различных акустических систем.

Такие излучатели, построенные на базе пьезоэлектрических преобразователей, позволяют создать развитую кавитацию во всем объеме стерилизационной камеры аппарата с интенсивностью ультразвуковой энергии порядка 75 Вт/см^2 при частоте 30 кГц.(Рис.1.)

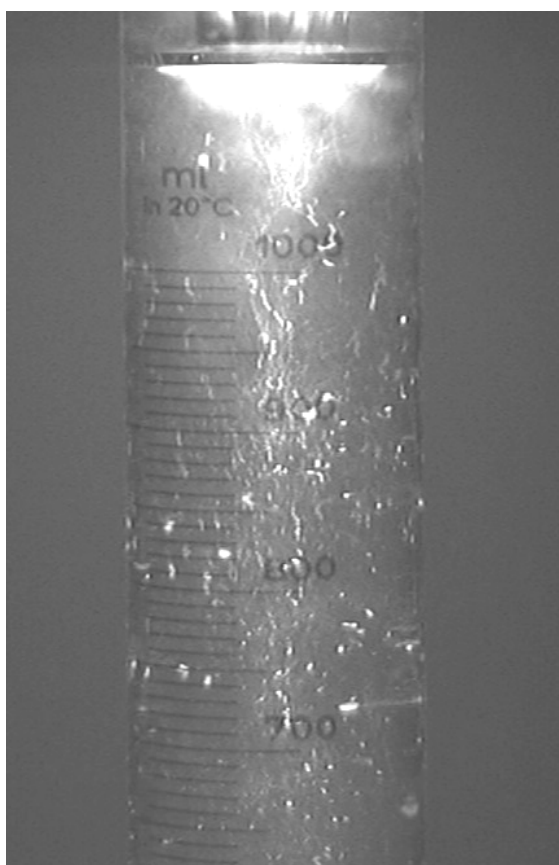


Рис.1. Кавитационные тяжи, создаваемые в ограниченном объеме стерилизационной камеры высокоамплитудным ультразвуковым излучателем.

Стерилизационные аппараты часто строятся с совместным использованием нескольких рассмотренных методов обеззараживания, например, УФ-обеззараживание применяют вместе с ультразвуковым, что позволяет исключить зарастание стекла лампы водорослями и устранить инкрустацию.

Экспериментально подтвержденные сравнительные результаты основных методов обеззараживания воды сведены в таблицу [6]. В качестве параметров биологического качества воды принимались к сведению:

- количество стандартных пластин (СПС);
- общая концентрация колиформ (ТС);
- концентрация фекальных колиформ (ФС);
- концентрация бактериофагов;
- концентрация истребляющих сульфиды микроорганизмов clostridium.

Оценка эффективности обработки воды различными методами

Процентное снижение содержания микроорганизмов						
Речная вода						
	SPS при 22 °С	SPS при 37 °С	ТС	FC	Бактерио- фаги	Clostridium
Кавитация	43,58	73,66	16,51	10,59	нет	13,66
Кавитация и ультразвук	23,93	8,36	19,25	28,92	нет	17,5
Кавитация и УФ- облучение	64,02	69,15	56,03	81,2	нет	41,94
Кавитация, УФ- облучение и ультразвук	27,48	57,41	77,02	72,95	95,76	30,4
Ультразвук	62,96	57,55	57,81	60,4	66,07	24,23
УФ-облучение	59,28	64,51	нет	нет	нет	15,15

Проведенный анализ основных методов обеззараживания воды позволяет обосновано применять их в тех или иных условиях. Особое распространение в настоящее время получили методы УФ-обеззараживания и ультразвукового кавитационного обеззараживания, позволяющие создавать стерилизационные аппараты широкой гаммы типоразмеров, отличающиеся эффективностью, безопасностью и не требующие квалифицированного обслуживания.

Создание современных высокоэффективных составов пьезокерамики позволило уменьшить габариты, расширить частотный диапазон и увеличить интенсивность излучения пьезоэлектрических излучателей, что делает метод ультразвукового кавитационного обеззараживания наиболее перспективным.

Список литературы

1. Эльпинер И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. М., Физматгиз, 1963, 490 с.
2. Варнавский И.Н. Новая технология и установки для получения очищенной биологически активной целебной питьевой воды. Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 2000. —93 с.
3. Николадзе Г.И. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1989, с. 274-278.
4. <http://www.bobych.ru/referat/97/27039/10.html>
5. http://www.tk-pozitron.ru/article_one.htm?id=38
6. <http://www.svarog-uv.ru>
7. http://www.hte.ru/product_44185
8. 8.Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Глав. ред. И. П. Голямина. - М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.