Ташполотов Ы., Абдалиев У.К., Садыков Э., Акматов Б.Ж.

Обеззараживание сточных вод на основе эффекта кавитации

Введение

С каждым годом в Кыргызстане, особенно в городах, поселках городского типа и в районных центрах, увеличивается потребление пресной воды. Учитывая это, предстоит переходить на новые, более совершенные, оборотные схемы водоснабжения и технологии очистки сточных вод с использованием современных научных достижений в этой области.

Поэтому в настоящее время охрана окружающей среды, рациональное использование водных ресурсов рассматриваются как проблемы большого государственного значения.

Санитарное состояние водоемов является одним из аспектов социально-экономического развития нашей республики. В основных направлениях экономического и социального развития Кыргызской Республики отмечается необходимость «последовательно улучшать охрану водных ресурсов страны», «повышать эффективность работы очистных сооружений», поднять «действенность государственного контроля за состоянием природной среды и источниками загрязнения, улучшать техническое оснащение этой службы эффективными автоматическими приборами и оборудованием».

Рациональное использование водных ресурсов, охрана их от загрязнения и истощения приобрели в настоящее время международное значение. Водоотведение и очистка сточных вод в Кыргызской Республике стоит острой проблемой. До 80 % очистных сооружений в настоящее время не работают. В связи с этим необходима разработка эффективных очистных сооружений из местных материалов.

Расходы на технологические и энергетические нужды и замену природных пресных вод очищенными сточными водами позволят снизить дефицит водных ресурсов и предотвратить истощение запаса пресных вод. Для этого необходимо создать замкнутые системы промышленного водоснабжения, основанные на многократном использовании для производственных целей сточных вод, очищенных до норм, отвечающих требованиям, предъявляемым к качеству технической воды. Особое внимание обращено на технологические схемы очистки, не допускающие сброса в водоем неочищенных промышленных сточных вод с дальнейшей утилизацией отработанных реагентов. При допустимом снижении требований к степени очистки воды необходимо учитывать все факторы, способствующие уменьшению концентрации этих веществ в водоеме (разбавление, обеззараживание, самоочищение и т.д.).

Для устранения имеющихся проблем необходим комплекс мер. Самые важные из них – это разработка методов очистки сточных вод и нормирование сброса их в водоем.

В любом водозаборе чистую воду обеспечивают два фактора: фильтрация и дезинфекция(обеззараживание).

Обеззараживание воды обеспечивается современными средствами, как, например, хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение, электролиз. Наиболее распространенный метод обеззараживания воды– хлорирование. К тому же хлорирование – это самый простой, дешевый и эффективный способ обеззараживания, хотя и имеет побочные действия. Ультрафиолет, озонирование, электролиз также дают обеззараживание воды, в процессе прохождения воды через прибор дезинфекции. То есть, чтобы добиться идеального состояния воды, необходимо регулярно проводить очистку и обеззараживание воды, применяя в совокупности физические и химические методы.

Таким образом, обеззараживание сточной воды можно производить несколькими методами: обработкой сильными окислителями, такими как хлор, озон, перманганат калия; воздействием ультрафиолетовых лучей; кипячение; обработкой ультразвуком.

Метод обеззараживания воды с помощью сильного окислителя применяется в условиях, когда микробиологические свойства воды быстро и в больших пределах меняются, а также при большом содержании в воде органических веществ и планктона.

В настоящее время в городе Ош обеззараживание сточных вод с помощью хлорирования.

В настоящем отчете исследован способ обеззараживания сточной воды на основе электрофизичекой ионизации и эффекта кавитации. Способ обеззараживания воды электрическим полем могут быть рекомендованы для высокоэффективного обеззараживания водоемов, а сточные воды необходимо обеззараживать с помощью эффекта кавитации. В отчете также рассмотрены экономической эффективности предлагаемой технологии обеззараживания воды.

Глава 1. Качества воды(анализ состояния вопроса)

Одной из основных задач нашей страны является охрана окружающей среды, в частности, охрана и разумное использование водных ресурсов. Потребление воды для промышленных, сельскохозяйственных и бытовых нужд увеличивается с каждым годом. С целью водообеспечения предприятий используют биологически дочищенные сточные воды. Это позволяет не столько вторично использовать воду в народном хозяйстве, сколько уменьшить количество остаточных загрязнений, сбрасываемых в водоем, что обеспечивает оздоровление и восстановление водных ресурсов.

К процессам доочистки, которые находят применение на очистных станциях(рис.1.1.), относятся реагентная обработка, очистка на фильтрах и в прудах, флотация, адсорбция глинистыми минералами, ионный обмен [1]. Необходимость очистки значительных количеств сточных вод требует интенсификации адсорбционных процессов.

Для осаждения растворенных металлов из сточных вод используют известь. В этом случае остаточное содержание металлов в сточных водах часто превышает ПДК. Образующиеся гидроксиды металлов плохо оседают и поэтому требуются коагулянты и флокулянты.

При очистке сточных вод применяют активированную кремнекислоту, получаемую из раствора силиката натрия нейтрализацией его щелочности минеральной кислотой в качестве флокулянта для осветления природных и сточных вод. Но ее приготовление занимает длительное время и срок хранения ее ограничен. Осаждение растворенных металлов при этом незначительно.

Кроме этих веществ, используют сырьевую смесь для получения сорбента, состоящую из глинистых минералов: гидрослюды, и/или монтмориллонита, или палыгорскита, соляной кислоты, солей железа или алюминия, или титана .

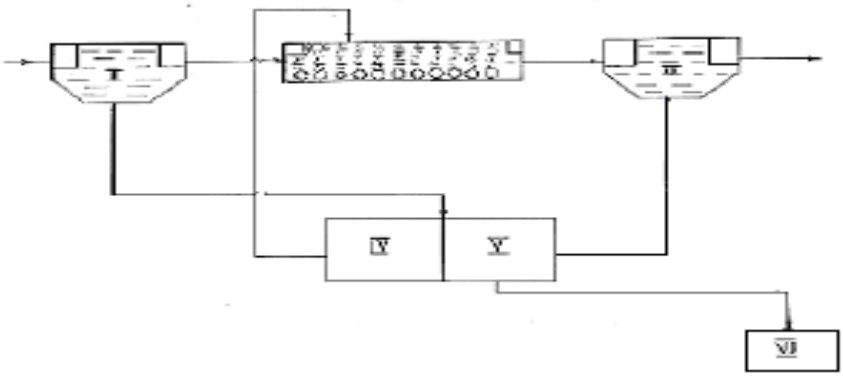

Рис. 1.1. Схема очистки смеси бытовых и производственных сточных вод: I – первичный отстойник; II – аэротенк; III – вторичный отстойник; IV – узел приготовления и дозирования глинистого шликера; V – воздуходувно-насосная станция; VI – цех по утилизации избыточного активного ила и природной глины.

1.1.Методы определения состояния водного объекта

Известно, что при органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока и часто свидетельствующие о его загрязнении: гибель рыбы и других водных организмов, растений, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и др.

1.Запах

Запах воды характеризуется интенсивностью, которую измеряют в баллах. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

На запах воды оказывают влияние состав содержащихся в ней веществ, температура, значения *pH*, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д.

Таблица 1.1.

Определение интенсивности запаха воды

Оценка интенсивности запаха, баллы	*Интенсивность запаха*	*Характер проявления запаха*
0	никакого запаха	отсутствие ощутимого запаха
I	очень слабый	запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом
II	слабый	запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это внимание
III	заметный	запах, легко обнаруживаемый, может быть причиной того, что вода неприятна для питья
IV	отчетливый	запах, обращающий на себя внимание, может заставить воздержаться от питья
V	очень сильный	запах, настолько сильный, что

		делает воду непригодной для питья

2.Мутность

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: слабая опалесценция, опалесценция, слабая, заметная и сильная муть. В оответствии с гигиеническим требованиям к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/ куб.дм по каолину.

Мутность воды определяют турбидиметрически (по ослаблению проходящего через пробу света) путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Результаты измерений выражают в мг/дм^3 (при использовании основной стандартной суспензии каолина) или в ЕМ/дм^3 (единицы мутности на дм^3 при использовании основной стандартной суспензии формазина); 1,5 мг/дм^3 каолина соответствует 2,6 ЕМ/дм^3 формазина. Турбидиметрическое определение предназначено для вод, имеющих переменчивый состав и форму тонкодисперсных примесей. Если пробу предварительно не профильтровать, то турбидиметрически будут определены не только коллоидные, но и более грубодисперсные частицы.

3.Цветность

Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п. Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды. Цветность природных вод колеблется от единиц до тысяч градусов.

Различают "истинный цвет", обусловленный только растворенными веществами, и "кажущийся" цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной **pH**.

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

4.Прозрачность

Прозрачность (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т.е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Воду в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (как правило, шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в сантиметрах с указанием способа измерения.

Ослабление интенсивности света с глубиной в мутной воде приводит к большему поглощению солнечной энергии вблизи поверхности. Появление более теплой воды у поверхности уменьшает перенос кислорода из воздуха в воду, снижает плотность воды, стабилизирует стратификацию. Уменьшение потока света также снижает эффективность фотосинтеза и биологическую продуктивность водоема.

Определение прозрачности воды - обязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

5.Водородный показатель (pH)

Содержание ионов водорода (гидроксония - H_3O^+) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:

$$CO_2 + H_20 \square H^+ + HCO_3^- \square 2\,H^+ + CO_3^{2-}\,.$$

Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком:

$$pH = -lg[H+].$$

Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения *pH* тесно связаны с процессами фотосинтеза (при потреблении CO_2 водной растительностью высвобождаются ионы OH^-). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов:

$$Fe^{2+} + 2H_2O \square Fe(OH)_2 + 2H^+.$$

Значение *pH* в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5-8,5, в атмосферных осадках 4,6-6,1, в болотах 5,5-6,0, в морских водах 7,9-8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина *pH* для большинства речных вод составляет 6,8-7,4, летом 7,4-8,2.

Величина *pH* воды - один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины *pH* зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Величина *pH* воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

В водоеме можно выделить несколько этапов процесса его закисления.

На первом этапе *pH* практически не меняется (ионы бикарбоната успевают полностью нейтрализовать ионы H^+). Так продолжается до тех пор, пока общая щелочность в водоеме не упадет примерно в 10 раз до величины менее 0,1 моль/дм^3.

На втором этапе закисления водоема *pH* воды обычно не поднимается выше 5,5 в течение всего года. О таких водоемах говорят как об умеренно кислых. На этом этапе закисления происходят значительные изменения в видовом составе живых организмов.

На третьем этапе закисления водоема *pH* стабилизируется на значениях *pH*<5 (обычно *pH=4,5*), даже если атмосферные осадки имеют более высокие значения *pH*. Это связано с присутствием гумусовых веществ и соединений алюминия в водоеме и почвенном слое.

Природные воды в зависимости от pH рационально делить на семь групп (табл. 1.2.).

Таблица 1.2.

Группы природных вод в зависимости от *pH*

Группа	*pH*	*Примечание*
Сильнокислые воды	<3	результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Кислые воды	3-5	поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в результате разложения органических веществ
Слабокислые воды	5-6,5	присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны)
Нейтральные воды	6,5-7,5	наличие в водах $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$
Слабощелочные воды	7,5-8,5	наличие в водах $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$
Щелочные воды	8,5-9,5	присутствие Na_2CO_3 *или* $NaHCO_3$

Сильнощелочные воды	9,5	присутствие Na_2CO_3 *или* $NaHCO_3$

6.Окислительно-восстановительный потенциал *(Eh)*

Мера химической активности элементов или их соединений в обратимых химических процессах, связанных с изменением заряда ионов в растворах. Значения окислительно-восстановительных (редокс) потенциалов выражаются в вольтах (милливольтах). В природной воде значение Eh колеблется от - 400 до + 700 мВ и определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов, и в условиях равновесия характеризует среду сразу относительно всех элементов, имеющих переменную валентность.

Изучение редокс-потенциала позволяет выявить природные среды, в которых возможно существование химических элементов с переменной валентностью в определенной форме, а также выделить условия, при которых возможна миграция металлов.

Различают несколько основных типов геохимических обстановок в природных водах:

- **окислительный** - характеризуемый значениями *Eh* + (100-150) мВ, присутствием свободного кислорода, а также целого ряда элементов в высшей форме своей валентности (Fe^{3+}, Mo^{6+}, As^{5-}, V^{5+}, U^{6+}, Sr^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{4+});
- **переходный окислительно-восстановительный** - определяемый величинами *Eh* + (100-0) мВ, неустойчивым геохимическим режимом и переменным содержанием сероводорода и кислорода. В этих условиях протекает как слабое окисление, так и слабое восстановление целого ряда металлов;
- **восстановительный** - характеризуемый отрицательными значениями *Eh*. В подземных водах присутствуют металлы низких степеней валентности (Fe^{2+}, Mn^{2+}, Mo^{4+}, V^{4+}, U^{4+}), а также сероводород.

7.Кислотность

Кислотность природных и сточных вод определяется их способностью связывать гидроксид-ионы. Расход гидроксида отражает *общую* кислотность воды. В обычных природных водах кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободного диоксида углерода. Естественную часть кислотности создают также гуминовые и другие слабые органические кислоты и катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, алюминия, органических оснований). В этих случаях *pH* воды не бывает ниже 4,5.

В загрязненных водоемах может содержаться большое количество сильных кислот или их солей за счет сброса промышленных сточных вод. В этих

случаях *pH* может быть ниже 4,5. Часть общей кислотности, снижающей *pH* до величин <4,5, называется *свободной*.

8.Щелочность

Под щелочностью природных или очищенных вод понимают способность некоторых их компонентов связывать эквивалентное количество сильных кислот. Щелочность обусловлена наличием в воде анионов слабых кислот (карбонатов, гидрокарбонатов, силикатов, боратов, сульфитов, гидросульфитов, сульфидов, гидросульфидов, анионов гуминовых кислот, фосфатов). Их сумма называется *общей щелочностью*. Ввиду незначительной концентрации трех последних ионов общая щелочность воды обычно определяется только анионами угольной кислоты (карбонатная щелочность). Анионы, гидролизуясь, образуют гидроксид-ионы:

$$CO_3^{2-} + H_2O = HCO_3^- + OH^-;$$

$$HCO_3^- + H_2O = H_2CO_3 + OH^-.$$

Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для нейтрализации 1 дм^3 воды. Щелочность большинства природных вод определяется только гидрокарбонатами кальция и магния, *pH* этих вод не превышает 8,3.

Определение щелочности полезно при дозировании химических веществ, необходимых на обработку вод для водоснабжения, а также при реагентной очистке некоторых сточных вод. Определение щелочности при избыточных концентрациях щелочноземельных металлов важно для установлении пригодности воды для ирригации. Вместе со значениями *pH* щелочность воды служит для расчета содержания карбонатов и баланса угольной кислоты в воде.

9.Растворенный кислород

Растворенный кислород находится в природной воде в виде молекул O_2. На его содержание в воде влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают ее. К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, следует отнести:

- процесс абсорбции кислорода из атмосферы;
- выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза;
- поступление в водоемы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пересыщены кислородом.

Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на поверхности водного объекта. Скорость этого процесса повышается с понижением температуры, с повышением давления и понижением минерализации. Аэрация - обогащение глубинных слоев воды кислородом - происходит в результате перемешивания водных масс, в том числе ветрового, вертикальной температурной циркуляции и т.д.

Фотосинтетическое выделение кислорода происходит при ассимиляции диоксида углерода водной растительностью (прикрепленными, плавающими растениями и фитопланктоном). Процесс фотосинтеза протекает тем сильнее, чем выше температура воды, интенсивность солнечного освещения и больше биогенных (питательных) веществ (*P*, *N* и др.) в воде. Продуцирование кислорода происходит в поверхностном слое водоема, глубина которого зависит от прозрачности воды (для каждого водоема и сезона может быть различной, от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров).

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся реакции потребления его на окисление органических веществ: биологическое (дыхание организмов), биохимическое (дыхание бактерий, расход кислорода при разложении органических веществ) и химическое (окисление Fe^{2+}, Mn^{2+}, NO_2^-, NH_4^+, CH_4, H_2S). Скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры, количества бактерий и других водных организмов и веществ, подвергающихся химическому и биохимическому окислению. Кроме того, уменьшение содержания кислорода в воде может происходить вследствие выделения его в атмосферу из поверхностных слоев и только в том случае, если вода при данных температуре и давлении окажется пересыщенной кислородом.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах - от 0 до 14 мг/дм^3 - и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Суточные колебания зависят от интенсивности процессов его продуцирования и потребления и могут достигать 2,5 мг/дм^3 растворенного кислорода. В зимний и летний периоды распределение кислорода носит характер стратификации. Дефицит кислорода чаще наблюдается в водных объектах с высокими концентрациями загрязняющих органических веществ и в эвтрофированных водоемах, содержащих большое количество биогенных и гумусовых веществ.

Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. Кислородный режим оказывает глубокое влияние на жизнь водоема. Минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее нормальное развитие рыб, составляет около 5 мг/дм^3. Понижение его до 2 мг/дм^3 вызывает массовую гибель (замор) рыбы. Неблагоприятно сказывается на состоянии водного населения и пересыщение воды кислородом в результате процессов фотосинтеза при недостаточно интенсивном перемешивании слоев воды.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и санитарного водопользования содержание растворенного кислорода в пробе, отобранной до 12 часов дня, не должно быть ниже 4 мг/дм^3 в любой период года; для водоемов рыбохозяйственного назначения концентрация растворенного в воде кислорода не должна быть ниже 4 мг/дм^3 в зимний период (при ледоставе) и 6 мг/дм^3 - в летний.

Определение кислорода в поверхностных водах включено в программы наблюдений с целью оценки условий обитания гидробионтов, в том числе рыб, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки стоков. Содержание растворенного кислорода существенно для аэробного дыхания и является индикатором биологической активности (т.е. фотосинтеза) в водоеме.

Таблица 1.3.

Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности

Уровень загрязненности воды и класс качества	*Растворенный кислород*		
	лето, мг/дм^3	*зима, мг/дм^3*	*% насыщения*
Очень чистые, I	9	14-13	95
Чистые, II	8	12-11	80
Умеренно загрязненные, III	7-6	10-9	70
Загрязненные, IV	5-4	5-4	60
Грязные, V	3-2	5-1	30
Очень грязные, VI	0	0	0

Относительное содержание кислорода в воде, выраженное в процентах его нормального содержания, называется степенью насыщения кислородом. Эта величина зависит от температуры воды, атмосферного давления и солености.

10.Жесткость

Жесткость воды представляет собой свойство природной воды, зависящее от наличия в ней главным образом растворенных солей кальция и магния. Суммарное содержание этих солей называют *общей жесткостью*. Общая жесткость подразделяется на *карбонатную,* обусловленную концентрацией гидрокарбонатов (и карбонатов при pH 8,3) кальция и магния, и *некарбонатную* - концентрацию в воде кальциевых и магниевых солей сильных кислот. Поскольку при кипячении воды гидрокарбонаты переходят в карбонаты, которые выпадают в осадок, карбонатную жесткость называют *временной* или *устранимой.* Остающаяся после кипячения жесткость называется постоянной. *Результаты определения жесткости обычно выражают в мг-экв/дм^3*.

В естественных условиях ионы кальция, магния и других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с карбонатными минералами и других процессов растворения и химического

выветривания горных пород. Источником этих ионов являются также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/дм^3 считается мягкой, от 4 до 8 мг-экв/дм^3 - средней жесткости, от 8 до 12 мг-экв/дм^3 - жесткой и выше 12 мг-экв/дм^3 - очень жесткой. Общая жесткость колеблется от единиц до десятков, иногда сотен мг-экв/дм^3, причем карбонатная жесткость составляет до 70-80% от общей жесткости.

Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70%); однако в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50-60%. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (десятки и сотни мг-экв/дм^3). Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения. Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 10,0 мг-экв/дм^3.

11.Окисляемость перманганатная и бихроматная (ХПК)

Величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях, называется окисляемостью. Существует несколько видов окисляемости воды: перманганатная, бихроматная, иодатная, цериевая. Наиболее высокая степень окисления достигается методами бихроматной и иодатной окисляемости воды.

Окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 дм^3 воды.

Состав органических веществ в природных водах формируется под влиянием многих факторов. К числу важнейших относятся внутриводоемные биохимические процессы продуцирования и трансформации, поступления из других водных объектов, с поверхностными и подземными стоками, с атмосферными осадками, с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Образующиеся в водоеме и поступающие в него извне органические вещества весьма разнообразны по своей природе и химическим свойствам, в том числе по устойчивости к действию разных окислителей. Соотношение содержащихся в воде легко- и трудноокисляемых веществ в значительной мере влияет на окисляемость воды в условиях того или иного метода ее определения.

В поверхностных водах органические вещества находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях. Последние в рутинном анализе отдельно не учитываются, поэтому различают окисляемость

фильтрованных (растворенное органическое вещество) и нефильтрованных (общее содержание органических веществ) проб.

Величины окисляемости природных вод изменяются в пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов в литре в зависимости от общей биологической продуктивности водоемов, степени загрязненности органическими веществами и соединениями биогенных элементов, а также от влияния органических веществ естественного происхождения, поступающих из болот, торфяников и т.п. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными (десятые и сотые доли миллиграмма на 1 дм^3), исключение составляют воды нефтяных месторождений и грунтовые воды, питающиеся за счет болот. Горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2-3 мг О/дм^3, реки равнинные - 5-12 мг О/дм^3, реки с болотным питанием - десятки миллиграммов на 1 дм^3.

Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет довольно отчетливую физико-географическую зональность (табл. 1.4.).

Таблица 1.4

Физико-географическая зональность природных вод

Окисляемость	*мг О/дм^3*	*Зона*
Очень малая	0-2	Высокогорье
Малая	2-5	Горные районы
Средняя	5-10	Зоны широколиственных лесов, степи, полупустыни и пустыни, а также тундра
Повышенная	15-20	Северная и южная тайга

Окисляемость подвержена закономерным сезонным колебаниям. Их характер определяется, с одной стороны, гидрологическим режимом и зависящим от него поступлением органических веществ с водосбора, с другой, - гидробиологическим режимом.

В водоемах и водотоках, подверженных сильному воздействию хозяйственной деятельности человека, изменение окисляемости выступает как характеристика, отражающая режим поступления сточных вод. Для природных малозагрязненных вод рекомендовано определять *перманганатную окисляемость*; в более загрязненных водах определяют, как правило, *бихроматную окисляемость* (ХПК).

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг О/дм^3; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О/дм^3.

В программах мониторинга ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению сильным химическим окислителем. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных

сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока.

Таблица 1.5.

Величины ХПК в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	*ХПК, мг О/дм^3*
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5-15
Очень грязные	>15

Для вычисления концентрации углерода, содержащегося в органических веществах, значение ХПК (мг О/дм^3) умножается на 0,375 (коэффициент, равный отношению количества вещества эквивалента углерода к количеству вещества эквивалента кислорода).

12.Биохимическое потребление кислорода (БПК)

Степень загрязнения воды органическими соединениями определяют как количество кислорода, необходимое для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях. Биохимическое окисление различных веществ происходит с различной скоростью. К легкоокисляющимся ("биологически мягким") веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенол, фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ и др. Медленно разрушаются "биологически жесткие" вещества, такие как гидрохинон, сульфонол, неионогенные ПАВ и др.

Полным биохимическим потреблением кислорода ($БПК_п$) считается количество кислорода, требуемое для окисления органических примесей до начала процессов нитрификации. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют $БПК_{20}$, считая, что эта величина близка к $БПК_п$.

Полная биологическая потребность в кислороде $БПК_п$ для внутренних водоемов рыбохозяйственного назначения (I и II категории) при 20°С не должна превышать 3 мг O_2/дм^3.

В лабораторных условиях наряду с $БПК_п$ определяется $БПК_5$ - биохимическая потребность в кислороде за 5 суток.

В поверхностных водах величины $БПК_5$ изменяются обычно в пределах 0,5-4 мг $O_2/дм^3$ и подвержены сезонным и суточным колебаниям.

Сезонные колебания зависят в основном от изменения температуры и от исходной концентрации растворенного кислорода. Влияние температуры сказывается через ее воздействие на скорость процесса потребления, которая увеличивается в 2-3 раза при повышении температуры на 10^oC. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития в целом и для физиологической и биохимической активности.

Суточные колебания величин $БПК_5$ также зависят от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на 2,5 мг $O_2/дм^3$ в зависимости от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и потребления. Весьма значительны изменения величин $БПК_5$ в зависимости от степени загрязненности водоемов.

Таблица 1.6

Величины $БПК_5$ в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	*$БПК_5$, мг $O_2/дм^3$*
Очень чистые	0,5-1,0
Чистые	1,1-1,9
Умеренно загрязненные	2,0-2,9
Загрязненные	3,0-3,9
Грязные	4,0-10,0
Очень грязные	10,0

Для водоемов, загрязненных преимущественно хозяйственно-бытовыми сточными водами, $БПК_5$ составляет обычно около 70% $БПК_п$.

В зависимости от категории водоема величина $БПК_5$ регламентируется следующим образом: не более 3 мг $O_2/дм^3$ для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг $O_2/дм^3$ для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования. Для морей (I и II категории рыбохозяйственного водопользования) пятисуточная потребность в кислороде ($БПК_5$) при 20^oC не должна превышать 2 мг $O_2/дм^3$.

Определение $БПК_5$ в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. Необходимо использовать величины $БПК_5$ при контролировании эффективности работы очистных сооружений.

Таким образом, единственно точный и надежный способ проверки воды на качество, пригодность для питья - это ее анализ.

Анализ воды позволяет узнать качество воды. Позволяет удостовериться в ее чистоте и пригодности для питья, умывания, ежедневного применения, эксплуатации бытовой техники и сантехники или же разочароваться и начать изменять положение. Один из наиболее надежных и эффективных способов очищения воды - это установка фильтрационной системы.

Подготовка пробы воды.

Прежде чем делать анализ воды, важно правильно набрать пробу. Для анализа воды можно использовать стеклянную (лучше стеклянную) или пластиковую тару, объемом не менее 1,5 литра.

Перед набором пробы воды предварительно ее сливают в течение 5-10 минут. Это необходимо делать для того, чтобы избежать попадание в образец застоявшейся воды. Застойную или редко используемую скважину (водопровод) предварительно прокачивают минимум 2-3 часа.

Бутылку, которую будут брать на анализ нужно промыть водой изнутри. Не следует использовать бутылки из-под сладких напитков.

Для определения более точных результатов, набирать воду необходимо небольшой струйкой и по стенке бутылки. Такой способ набора позволяет уменьшить насыщение воды кислородом воздуха и, как следствие, предотвращает протекание химических реакций

Воду в бутылку необходимо залить под верхний обрез горлышка и плотно завернуть пробку (это сведет к минимуму контакт с кислородом воздуха) В случае наличия воздуха под пробкой, это может дать искажение результатов анализа воды.

Если пробу после отбора невозможно сразу отправить на анализ, то её следует хранить в холодильнике не более 48 часов. Пробу снабдить сопроводительным документом с указанием: места отбора: город, улица, район, село вида воды: колодезная, артезианская, водопроводная даты отбора: месяц, число, год.

1.2.Способы улучшения качества воды

Основными способами улучшения качества воды поверхностных водоисточников являются осветление, обесцвечивание и обеззараживание.

Осветление воды — это удаление из нее взвешенных веществ.

Обесцвечивание — устранение окрашенных коллоидов или истинно растворенных веществ.

Обеззараживание — обезвреживание содержащихся в воде источника патогенных бактерий и вирусов.

Для осветления и обесцвечивания применяют следующие способы:

- естественное отстаивание и фильтрация на медленных фильтрах;
- коагуляция, отстаивание и фильтрация на быстрых фильтрах;
- коагуляция и фильтрация в контактных осветлителях.

В современных условиях большое значение имеет предварительное удаление из воды зоопланктона (мельчайших животных организмов) и фитопланктона (мельчайших растительных организмов). Для этого используют микрофильтры и барабанные сетки, через которые производится процеживание воды.

Для осветления и обесцвечивания в комплекс сооружений по очистке воды входят: отстойники, смесители, камеры реакции, фильтры и т.д.

Отстойники (рис.1.2.)—сооружения, предназначенные для осаждения под силой тяжести в основном крупных по размеру и массе частиц, находящихся в воде во взвешенном состоянии.

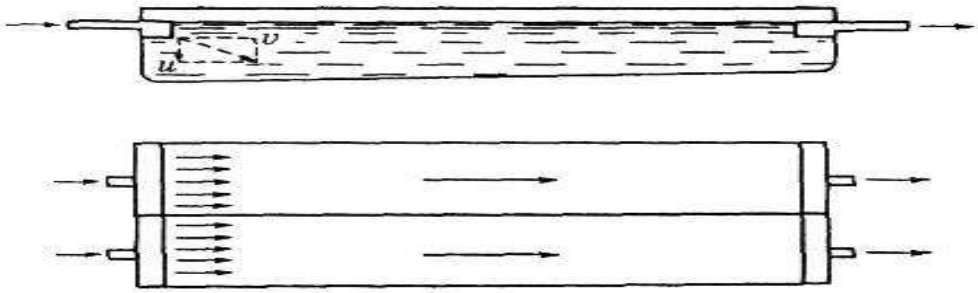

Рис.1.2.Схема горизонтального отстойника

Недостатком естественного осаждения взвеси в отстойниках является длительность этого процесса, при котором не обеспечивается осаждение основной части мелкой взвеси и всех коллоидных частиц. С целью ускорения и повышения эффективности выпадения взвешенных веществ и удаления коллоидных веществ в отстойниках перед отстаиванием производится коагуляция воды.

Коагуляцией называется процесс укрупнения, агрегации коллоидных и тонкодиспергированных примесей воды, происходящий вследствие взаимного слипания под действием сил молекулярного притяжения. Процесс коагуляции завершается образованием видимых невооруженным глазом агрегатов — хлопьев. Различают коагуляцию в свободном объеме (в камерах хлопьеобразования) и контактную коагуляцию, протекающую в толще зернистой загрузки или в массе взвешенного осадка.

Коагуляция происходит под влиянием химических реагентов — коагулянтов, к которым относятся соли алюминия (алюминия сульфат, алюминия оксихлорид) и железа (железа сульфат, железа хлорид). Для ускорения процесса коагуляции применяют вещества флоккулянты двух типов: анионного (полиакриламид, К-4, К-6, активизированная кремниевая кислота) и катионного (ВА-2 и др.).

Перемешивание воды с раствором коагулянта происходит в смесителях, а реакция коагуляции — в свободном объеме в камерах реакции. Специалистами установлено, что эффект осветления воды, то есть увеличение ее прозрачности в результате выпадения взвеси в осадок, резко возрастает при ее прохождении через слой ранее образовавшегося осадка. Водоочистные сооружения, работающие по этому принципу, получили

название осветлителей со слоем взвешенного осадка (пресипитаторов). При этом производится одновременно процесс коагуляции и отстаивания. К сооружениям этого типа можно отнести: отстойник осветлитель, осветлитель коридорного типа с рециркуляцией осадка, АзНИИВП-2 с тонкослойными модулями и напорный осветлитель с выносным осадкоуплотнителем.

Для осветления воды, содержащей грубодисперсные примеси, могут применяться центрифуги и гидроциклоны. Их действие основано на использовании центробежных сил, которые в сотни и тысячи раз выше силы тяжести, за счет чего увеличивается скорость осаждения частиц. Режим движения жидкости — турбулентный. При этом в аппарате частицы взвеси центробежной силой переносятся к периферии. Гидроциклоны бывают открытыми (одно- и многоярусные) и напорными (обычные и мультициклоны).

Фильтрация — это следующий после коагуляции и отстаивания процесс для освобождения воды от взвешенных веществ, оставшихся после первых этапов очистки. Сущность фильтрации заключается в пропуске воды через мелкопористый материал (с зернистой загрузкой), на поверхности, в верхнем слое или в толще которого задерживаются взвешенные частицы.
Для фильтрации применяется фильтр, который представляет собой устройство для разделения неоднородных систем, содержащих твердую и жидкую фазы.

Фильтры классифицируют:

- по скорости фильтрации — медленные (0,1-0,3 м/ч) и скорые (5-10 м/ч);
- по направлению фильтрующего потока — одно- и двухпоточные;
- по числу фильтрующих слоев — одно- и двухслойные;
- по гидравлическим условиям работы — ненапорные и напорные;
- по составу фильтрующей основы — зернистые (песчаные, антрацитовые и др.), сетчатые (микрофильтры, микросита), каркасные или намывные;
- по величине фильтрующего материала — мелкозернистые (0,2-0,4 мм), среднезернистые (0,4-0,8 мм) и крупнозернистые (0,8-1,5 мм).

Фильтр с зернистой загрузкой представляет собой железобетонный резервуар, заполненный фильтрующим материалом обычно в два слоя. В качестве фильтрующего материала используют кварцевый песок, антрацитовую крошку, керамзит (дробленый и недробленый), некоторые вулканические шлаки, пенополистирол и другие.

Установлено, что в результате фильтрации воды через угольный фильтр, по сравнению с песчаным фильтром, более значительно снижаются в профильтрованной воде цветность, мутность и микробная загрязненность (ОМО). Одновременно увеличивается продолжительность цикла работы фильтра (фильтроцикла) без ухудшения качества фильтрата, снижается расход воды на промывку фильтра и увеличивается безремонтный срок его эксплуатации.

Для того, чтобы фильтрующий материал не уносился вместе с фильтруемой водой, используют поддерживающий слои, который состоит из

слоев гравия или щебня разных размеров, увеличивающихся сверху вниз постепенно. Ниже фильтрующего и поддерживающего слоев находится дренажное пространство, предназначенное для приема профильтрованной воды.

Существует два принципиально отличающихся друг от друга метода фильтрации воды.

Пленочная фильтрация предполагает образование биологической пленки из ранее задержанных примесей в верхнем слое фильтрующей загрузки. В начале, вследствие механического осаждения частиц взвеси и их прилипания к поверхности загрузочного материала (например песка), уменьшается размер пор. Затем на поверхности песка развиваются водоросли, бактерии и другие живые организмы, дающие начало илистому, состоящему из минеральных и органических веществ осадку (биологическая пленка). Пленка достигает толщины 0,5-1 мм и более. Она играет решающую роль в работе медленных фильтров, задерживает мельчайшие взвеси, 95-99 % бактерий, обеспечивает снижение на 20-45 % окисляемое™ и на 20 % цветности. Очистка медленных фильтров производится путем удаления 2-3 см верхнего наиболее загрязненного слоя загрузки.

Объемная фильтрация осуществляется на скорых фильтрах и представляет собой физико-химический процесс, при котором механические примеси воды проникают в толщу фильтрующей загрузки и адсорбируются на поверхности ее частиц и хлопьев коагулянта. В результате уменьшения размеров пор возрастает сопротивление загрузки при фильтровании и потеря напора. В процессе объемной фильтрации задерживается около 95 % бактерий. Скорые фильтры, пропуская большее количество воды, быстро засоряются и чаще требуют очистки. Очистка их производится обратным током чистой профильтрованной воды, подаваемой в дренажное пространство со значительной скоростью.

Существует большое количество моделей скорых фильтров. В их числе скорые фильтры с двухслойной загрузкой, с двухсторонней фильтрацией — двухпоточный (АКХ), контактный осветлитель и другие.

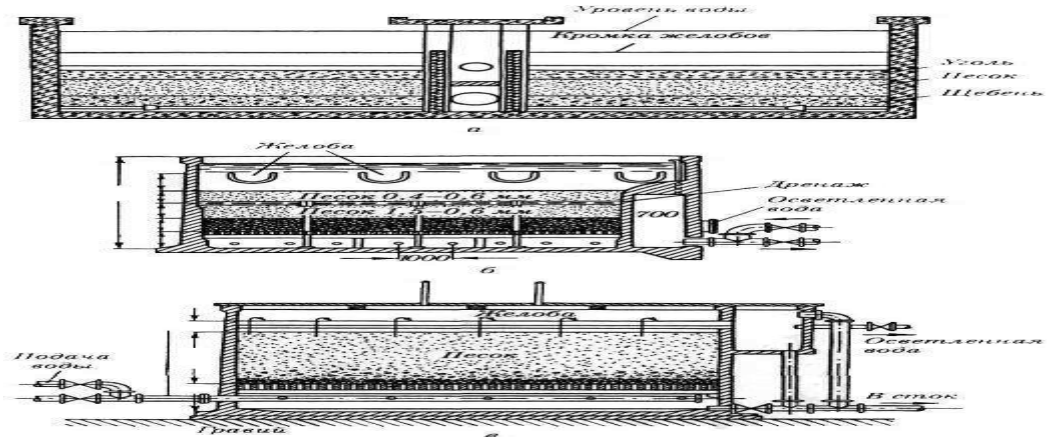

Рис.1.3.Скорые фильтры: а — двухслойный фильтр; б — двухпоточный фильтр АКХ; в — контактный осветлитель.

Для очистки вод с незначительной мутностью и высоким содержанием органических соединений, которые плохо поддаются обработке в отстойниках и осветлителях, эффективным методом очистки является флотация.

Флотация — это процесс, сущность которого заключается в том, что коллоидные и дисперсные примеси соединяются с пузырьками воздуха, тонко диспергированного в воде. Комплексы, которые образуются при этом, всплывают и образуют пену на поверхности флотационного устройства (флотатора).

Снижение поверхностного натяжения на границе вода-воздух приводит к повышению эффективности очистки воды методом флотации. Для этого в воду добавляют поверхностно-активные вещества (флотореагенты).

С целью очистки маломутных (до 40 мг/л) и малоцветных (до 30°) вод можно осуществлять фильтрование через слой специального фильтрующего порошка, предварительно намытого на фильтрующую основу. В качестве фильтрующих порошков применяют диатомит, целлюлозу, асбест, бентонит, древесную муку, опилки и т.д. При фильтрации через намывные фильтры снижается содержание органических веществ примерно в 2 раза, обеспечивается удаление бактерий, масел, железа и марганца. Намывные фильтры работают, как правило, по напорной схеме. Наружная поверхность фильтрующих элементов является основой, на которую перед началом работы фильтра наносят слой фильтрующего порошка.

В случае организации централизованной подачи питьевой воды и небольшие объекты (поселки, пансионаты, дома отдыха и т.д.) при использовании в качестве источника водоснабжения поверхностных водоемов для очистки воды могут применяться компактные сооружения небольшой производительности, например компактные установки заводского изготовления «Струя» производительностью от 25 до 800 м3/сут. В их состав входят: трубчатый отстойник, фильтр с зернистой загрузкой, оборудование для приготовления и дозирования реагентов и бак для промывной воды.

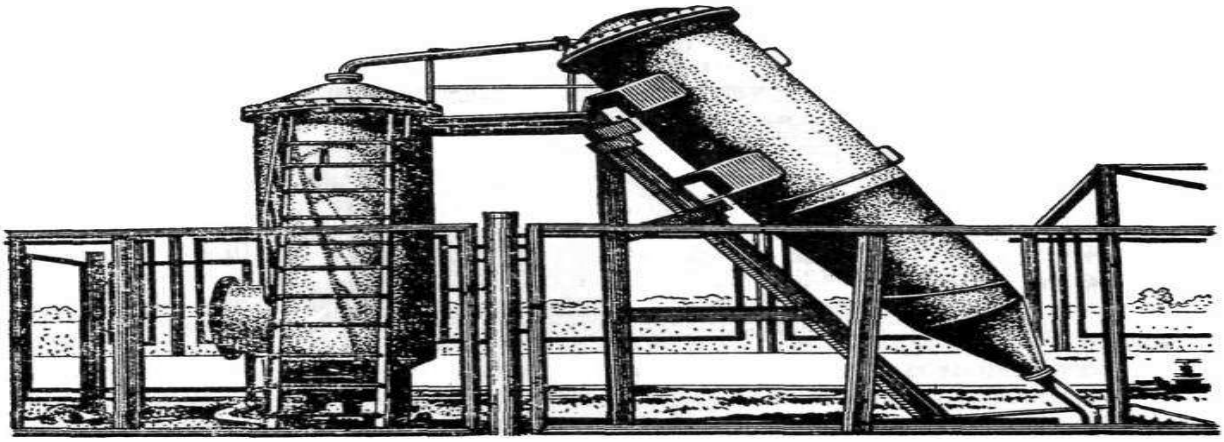

Рис.1.4.Водосточная установка «Струя»

На современных станциях очистки воды в случае использования реагентных технологических схем ввод химических реагентов в

обрабатываемую воду осуществляется системами автоматического дозирования. Они включают емкости реагентов, дозирующие насосы с микропроцессорными регуляторами и впрыскивающие клапаны.

1.2.1.Специальные методы обработки воды

В практике хозяйственно-питьевого водоснабжения специальные методы очистки питьевой воды в основном применяют с целью нормализации ее солевого состава, удаления привкуса, запаха, удаления радиоактивных веществ и т.д.

Все методы нормализации минерального состава воды могут быть разделены на две группы:

1. Удаление из воды лишних солей, других веществ, в том числе газов (умягчение, опреснение, обессоливание, обезжелезивание, дезодорация, дезактивация, дефторирование и др.).

2. Добавление в воду различных солей с целью улучшения ее органолептических качеств и увеличение содержания микроэлементов при недостатке их содержания в воде и продуктах питания.

Отсутствие привкуса и запаха — одно из основных требований, предъявляемых к питьевой воде. Наиболее частыми причинами запаха являются присутствие в ней сероводорода, развитие и отмирание водной растительности, в том числе водорослей («цветение» водоемов и воды в водоочистных сооружениях) и попадание в водные объекты органических соединений промышленных сточных вод.

Дезодорация — удаление привкуса и запаха воды. Достигается аэрацией воды, обработкой ее окислителями (озонирование, введение перманганата калия, диоксида хлора и больших доз хлора), фильтрацией через слой активированного угля. Выбор методов дезодорации зависит от происхождения привкусов и запахов.

Одним из видов дезодорации является *освобождение от сероводорода*. Сероводород (H2S) встречается чаще в подземных и реже в поверхностных водах. В свободном состоянии сероводород можно удалить аэрацией при разбрызгивании (в брызгальном бассейне при пропуске через градирню, где вода тонким слоем растеши по планкам, или при продувании воздуха через слой воды.

Известно, что для устранения запахов и привкусов воды хозяйственно-питьевого водоснабжении обусловленных присутствием сероводорода, применяется сульфатожелезосодержащий коагулянт (сульфат железа (III) — СЖК, его формула Fe2(S04)3), который также способствует окислению органических соединений и удалению из воды меди и мышьяка.

Если запах связан с «цветением» используемого для организации водоснабжения водоема, то целесообразно предотвращать это явление. Для борьбы с «цветением» воды, с целью устранения развития водорослей, в некоторых случаях может применяться медный купорос, однако при этом содержание остаточных веществ в очищенной воде не должно превышать нормативов, установленных для питьевой воды.

Большие дозы хлора разрушают присутствующие в воде органические вещества и устраняют запахи и привкусы. Однако при этом появляется запах хлора в воде, что требует процесса дехлорирования (что непрактично с различных точек зрения). Поэтому целесообразным считается применение озона, который не только обеззараживает и обесцвечивает воду, но одновременно разрушает вещества, придающие ей запах.

В борьбе с возникшим запахом эффективно применение активированного угля, который обладает большой адсорбционной способностью. Целесообразно применять активированный уголь в виде порошка, добавляемого к воде на водоочистных сооружениях перед фильтром. Образуя пленку на фильтре, уголь адсорбирует вещества, обуславливающие запах, привкус и цветность воды.

В литературе описано использование на практике питьевого водоснабжения различных марок активированных углей (древесные, коксовые, антрацитовые, битуминозные) для очистки воды от гуминовых веществ. Эффективность извлечения гуминовых веществ при использовании разных углей неодинакова.

Природная повышенная жесткость и солесодержание питьевой воды является проблемой во многих регионах. Поэтому для улучшения качества питьевой воды, подаваемой населению, необходимо производить дополнительную ее очистку специальными методами.

Умягчение — снижение природной жесткости путем удаления катионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Умягчение обеспечивается методами: нагревания (кипячения), реагентными, ионного обмена, или катионитными.

Умягчение путем нагревания (кипячения) основано на переходе двууглекислых растворимых солей кальция в нерастворимые углекислые и солей магния в гидрат окиси магния. Этим путем можно избавиться только от устранимой (бикарбонатной) жесткости. Из реагентных методов наиболее распространен известково-содовый, который предусматривает внесение в воду извести, устраняющей карбонатную и магниевую жесткость, а затем соды, устраняющей некарбонатную жесткость.

Катионитное умягчение основано на свойстве некоторых нерастворимых веществ обменивать ионы натрия, водорода и другие на ионы кальция, магния, извлекая их из воды и при этом умягчая ее. Воду, подлежащую умягчению, фильтруют через слой катиона ионообменных фильтрах. При этом катионы кальция и магния обуславливающие жесткость, из воды переходят в катионит, а в воду переходят ионы натрия и водорода. Для умягчения воды используются выпускаемые промышленностью ионообменные смолы.

Наиболее эффективным является умягчение на ионообменный фильтрах. Извлечение из природных вод солей осуществляется путем И опреснения и обессоливания, различающихся разной степенью очистки. Опреснение воды — это частичное ее обессоливание. Под опреснением в широком смысле слова понимается также осажден из морских и засоленных

вод содержащихся в них солей до усталом ленных норм. Разработаны сооружения для опреснения морских вод, способные обеспечить населенные пункты с числом жителей 100-150 тыс. человек. Установки по опреснению морской воды имеются и применяются на некоторых морских судах, включая подводные лодки.

Опреснение — уменьшение количества солей, содержащихся в природных водах, до уровня, отвечающего требованиям качества питьевой воды (то есть не более 1000 г/л).

Обессоливание — полное или почти полное удаление из воды растворенных в ней солей.

В настоящее время в промышленном масштабе в основном используют пять основных методов опреснения и обессоливания воды: дистилляции, вымораживания, обратного осмоса, электродиализа, ионного обмена.

В принципиальном отношении опреснение и обессоливание вод достигается удалением из воды избытка солей или извлечением молекул Н20 (сепарация). В последнем случае обычно происходит смена агрегатного состояния воды — ее переход в парообразное или твердое состояние (лед).

Дистилляция основана на изменении агрегатного состояния воды. Продуктивность выпарных опреснительных установок существенно зависит от максимальной температуры нагревания воды, которая подвергается опреснению, и степени рекуперации тепла. По характеру использования тепловой энергии и степени ее рекуперации дистилляционные установки подразделяют на одно-, многоступенчатые и паро-компрессорные.

Принципиальная схема любой дистилляционной опреснительной установки включает два теплообменника — испаритель и конденсатор с обслуживающими их трубопроводами и арматурой. Дистиилляционные опреснители по основному признаку — способу испарения — делятся на испарители с постоянным давлением (кипящие) и расширительные (некипящие).

Эффективно применение многокорпусных испарителей, которые различают по типу используемой в них теплообменной аппаратуры. Современные опреснители, как правило, оснащаются тонкопленочными вертикально и горизонтально трубными аппаратами, что позволяет повысить их тепловую эффективность и снизить расход энергии на осуществление процесса дистилляции.

Применяется также метод парокомпрессорной дистилляции. Он отличается от прямого выпаривания тем, что полученный водяной пар сжимается при помощи компрессора, который поднимает давление и, следовательно, температуру пара таким образом, чтобы она на несколько градусов превышала температуру исходной (соленой) воды, предварительно подогретой в теплообменнике. В этом случае пар конденсируется и превращается в опресненную воду, а его тепло используется для испарения новой порции исходной воды.

По технологии дистилляционные опреснители хорошо комплектуются с тепловыми и атомными электростанциями. Разработкой проектов атомных опреснителей занимались в США, Израиле, Греции и других странах.

Опреснять воду можно и *методом вымораживания*, сущность которого заключается в разделении соленой воды на две фазы на основании того, что температура замерзания соленой воды ниже, чем температура замерзания пресной. Одной из фаз являются кристаллы пресного льда, образующиеся при медленном замерзании соленой воды. В дальнейшем для получения пресной воды кристаллы льда отделяют от рассола, отмывают и расплавляют. Опреснение соленой воды можно осуществлять путем использования природного и искусственного холода. Для обработки воды с невысоким содержанием солей целесообразно применять современные мембранные методы: обратного осмоса (гиперфильтрация), электродиализа, ионного обмена и другие.

Метод обратного осмоса основан на опреснении или обессоливании воды путем фильтрации ее под высоким давлением (3-25 атм.) через полупроницаемые мембраны, которые пропускают молекулы воды (и некоторых растворенных веществ), но задерживают большие по размеру ионы растворенных в воде солей. В результате прохождения через мембрану исходная вода разделяется на два и фильтрат (пермеат), то есть очищенная вода с уменьшенной концентрацией примесей, — и концентрат — сконцентрированный раствор примесей. Размер задерживаемых частиц определяется структурой мембраны, то есть размером ее пор. Мембранные процессы классифицируют по размерам разделяемых частиц. Различаю четыре типа мембран:

- микрофильтрационные (MF) с размером пор от 0,02 до 1,3 микрона;
- ультрафильтрационные (UF) с размером пор от 0,001 до 0,1 микрона;
- нанофильтрационные (NF) с размером пор от 0,001 до 0,05 микрона;
- гиперфильтрационные (RO-обратный осмос) с размером пор от 0,001 микрона и меньше 0,0001 микрона.

Лучше всего для подготовки питьевой воды использовать UF, NF и RO-мембраны.

Установки, работающие по принципу обратного осмоса, обеспечивают не только снижение общей минерализации и жесткости питьевой воды, но и уменьшение концентраций в ней железа, меди, нитратов и других веществ. Современные очистные устройства, работающие по методу обратного осмоса, автоматизированы, могут содержать различные встроенные элементы предварительной очистки и обычно не требуют дополнительных сооружений по предварительной обработке исходной воды (особенно в случае использования воды из подземных источников).

Обратноосмотические установки широко используются в различных странах в муниципальном водоснабжении для улучшения качества природных вод, предназначенных для использования в питьевых целях. Особенно четко эта тенденция прослеживается в США, где еще в 70-х годах XX века начато внедрение крупных обратноосмотических опреснителей для

обработки подземных вод повышенной минерализации. Согласно опубликованным данным, уже к концу прошлого века общая производительность обратноосмотических установок, размещенных на территории США, превысила 800 тыс. $м^3$/сут. Имеются сведения о применении в России крайне мембранных установок ОСМОС-10, системы мембранной иодоподготовки РОНА-14 и других.

При использовании баромембранной технологии для очистки воды используются машины с ультрафильтрационными, нанофильтрационными и гиперфильтрационными мембранами. Машины с гиперфильтрационными мембранами называют обратноосмотическими (RO) высокоэнергетическими, а с нанофильтрационными мембранами — низкоэнергетическими.

Гиперфильтрационные машины задерживают до 99,5% солей. Поэтому для получения сбалансированного солевого состава необходимо обессоленный пермеат смешивать с пермеатом ультрафильтрационных машин, осуществляющих предварительную подготовку воды — осветление, обеззараживание.

Электродиализный метод опреснения (обессоливания) воды основан на принципе разделения солей в электрическом поле через селективные полупроницаемые ионитовые мембраны при пропуске постоянного тока через слой воды. При этом ионы движутся в соответствии со знаком их заряда: катионы — к катоду (свободно проходят через катионитовые мембраны и задерживаются анионитовы-ми), а анионы — к аноду (свободно проходят через анионитовые мембраны и задерживаются катионитовыми).
Если процессу электрохимического обессоливания подвергается NaCl, то в электрическом поле при пропускании постоянного ток» через слой воды анионы СГ растворенных в воде солей движутся к аноду, а катионы Na+ — к катоду.

Метод ионного обмена используют для опреснения или обет ЛШ вания вод с содержанием солей до 2-3 г/л, умягчения и глубокого обессоливания пресных вод. ЭТОТ метод основан на испольной»ими практически нерастворимых в воде ионообменных зернистых м риалов — катионитов и анионитов. Для исходной воды повышенной минерализации требуется большое количество реагентов на регенерацию ионитов и, соответственно, затраты на опреснение повышаются. Обработка воды указанным методом осуществляется с использованием ионообменных фильтров и вспомогательного оборудован.

К наиболее современным прогрессивным методам мембранной очистки следует отнести использование волоконных мембран фильтров тонкой очистки. Одним из лучших сооружений с указ ной технологией является введенный в эксплуатацию в конце 2002 в г. Роанок (Виржиния, США) крупный завод мембранной очистки воды из подземного водного источника. Название завода «Crystal spring» в переводе означает «Кристальный (прозрачный) источник». Объект, позволяющий в процессе очистки

фильтрован, ежесуточно до 6 млн. галлонов (22,71 тыс. $м^3$) воды, фактически очищает в среднем 18 тыс. $м^3$ воды в сутки.

Технологическая очистка фильтров (мембранных волокон) осуществляется обратным током воды через каждые 1,5 часа со сбросом промывных вод в реку, а полная очистка с использованием реагентов — через 2000 часов работы эксплуатации с отводом сточных вод в хозяйственно-бытовую канализацию.

Очищенная вода поступает в подземный резервуар, расположенный под спортивным комплексом (теннисными кортами), что позволяет экономить территорию, а затем подается в городскую водопроводную сеть.

Обезжелезивание — снижение содержания железа до нормативного уровня. Повышенная концентрация железа встречается чаще всего в глубоких подземных водах. Железо придает воде специфический металлический, чернильный привкус, делает ее мутной и цветной.

Обезжелезивание подземных вод наиболее часто производится безреагентными, аэрационными методами. В их основе лежит предварительная аэрация воды с целью удаления свободной углекислоты и сероводорода, повышения pH, обогащения кислородом воздуха, последующего образования гидроксида железа и удалением его из воды осаждением и фильтрованием. Аэрация производится в брызгальном бассейне, на градирне или с использованием вакуумно-эжекционного аппарата. Обезжелезивание поверхностных вод осуществляется реагентными методами с использованием сульфата алюминия, извести и хлора.

Обесфторирование (дефторирование) — удаление фтора из воды. Применяется при содержании фтора в воде более 1,5 мг/л. Это может быть в случае использования богатых фтором вод из подземных источников.

С целью удаления из воды излишка фтора применяют реагентные и фильтрационные методы. Реагентные методы основаны на сорбции фтора свежеосажденными гидроокисями алюминия и магния. Однако наиболее эффективна фильтрация воды через слой активированной окиси алюминия (Al_2O_3).

При использовании для водоснабжения населенного пункта нескольких скважин с различным содержанием фтора в ряде случаев нормализация концентрации этого элемента в водопроводной воде может быть достигнута смешиванием в оптимальных соотношениях воды из разных водоисточников.

Фторирование — введение фтора в воду. Применяется с целью профилактики кариеса. Для фторирования воды используют следующие фторсодержащие соединения: фторид натрия (NaF), кремниефтористый натрий (Na_2SiF_6), кремниефтористая кислота (H_2SiFe), фторид кальция (CaF_2) идругие.

В результате проведения многолетних исследований ученые пришли к выводу о том, что фторирование воды хозяйственно-питьевого назначения показано в эндемичных по гипофторозу местностях (биогеохимических провинциях) с низким содержанием фтора в окружающей среде только при

его суммарном поступлении и организм с питьевой водой и пищевыми продуктами менее 80% минимально безопасной величине потребления. Эта величина составляет 0,5 мг/сут у детей 1-3 года, 1,0 мг/л — у детей 4-6 лет и 1,5 мг/л — у детей старше 7 лет, подростков и взрослых.. Дополнительными показаниями является высокая пораженность коренного населения кариесом зубов при наличии проявлений гипофтороза.

Противопоказаниями к организации фторирования, по мнению специалистов, являются: содержание фтора в воде источников водоснабжения умеренного климата более 0,6 мг/л, теплого климата — 0,4 мг/л и жаркого климата — 0,3 мг/л; содержание фтора в пищевых рационах (включая все напитки) детей старше 7 лет, подростков и взрослых первой группы физической активности более 1,2 мг; содержание в атмосферном воздухе фторида натрия выше 0,01 мг/м^3 и фтористого водорода выше 0,005 мг/м^3 (то есть выше среднесуточных ПДК); наличие у коренного населения признаков гиперфтороза (флюороза).

Дезактивация — удаление из воды радиоактивных веществ (РВ). Радиоактивность воды можно снизить в результате обычных способов ее обработки на водоочистных сооружениях. Так, коагуляция, отстаивание и фильтрация снижают содержание радиоактивных веществ в ней на 70-80%. Эффект дезактивации можно повысить за счет увеличения pH воды, применения в качестве коагулят.> хлорного Железа, предварительного введения каолина или активированного угля. С целью углубления дезактивации, воду также фильтруют через ионообменные смолы.

Однако существующие методы дезактивации не всегда гарантируют полное удаление РВ. Кроме того, все адсорбенты, матери загрузки и сами водоочистные сооружения становятся носителями радиоактивных изотопов и нуждаются в удалении и захоронен. Поэтому, основываясь на очистке воды от РВ, нельзя планиром длительное водоснабжение населенных пунктов.

1.3.Мониторингсточной воды и меры реагирования

В КР порядок контроля качества питьевой воды в системах централизованного питьевого водоснабжения регламентируется ГОСТом «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством», Государственными санитарными нормами и правилами «Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения» (ГСанПиН).

Согласно указанным документам, качество питьевой воды, подаваемой потребителям системой централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, должно не только соответствовать установленным гигиеническим нормативам. Вода должна быть гарантированно защищена от случайного или систематического ухудшения ее качества.

Контролю подлежит вода, предназначенная для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых потребностей на всех стадиях ее производства и доведения до потребителей, в том числе на очистных

сооружениях, насосных станциях, в водопроводной сети, а также на пунктах разлива питьевой воды и других объектах нецентрализованного водоснабжения.

В сфере контроля качества питьевой воды и состояния питьевого водоснабжения осуществляется государственный, производственный (ведомственный) и общественный контроль.

В соответствии с Законом КР «О питьевой воде и питьевом водоснабжении», государственный контроль качества питьевой воды осуществляют органы местного самоуправления, местные органы исполнительной власти в сфере стандартизации и органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора. Представителями санитарно-эпидемиологической службы на местных уровнях являются территориальные санитарно-эпидемиологические станции (СЭС).

Лаборатории СЭС осуществляют контрольные исследовании показателей качества питьевой воды с определенной периодичностью которая определяется типом конкретного водоисточника, объем подаваемой населению воды и расположением точек отбора.

Согласно ГСанПиН, различают 6 типов контроля качества питьевой воды.

1. Полный контроль включает определение всех компонентов, указанных в ГСанПиН, и является обязательным перед вводом в эксплуатацию новых водопроводов или после их простоя более 5 суток.

2. Общий физико-химический контроль с исследованием в воде химических веществ (компонентов), характеризующих безопасность химического состава питьевой воды (см. табл. 9-11).

3. Сокращенный контроль, включающий некоторые показатели эпидемической безопасности воды (ОМЧ, индекс БГКП), безопасности химического состава (pH, окисляемость $KMnO_4$, нитраты, железо, остаточный активный хлор, тригалометаны) и органолептической оценки (мутность, цветность, привкус и запах). Этот тип контроля является обязательным после капитального ремонта, реконструкции и переоборудования водопровода и распределительной сети, при смене технологии водообработки.

4. Специальный контроль эпидемической безопасности питьевой воды включает определение мутности, ОМЧ, индексов БГКП и ФК, патогенных микроорганизмов, колифагов, вирусологических (по эпидемической ситуации) и паразитологических показателей.

При выявлении бактериального загрязнения (ОМЧ, индекс БГКП выше допустимых нормативов) питьевой воды следует срочно организовать повторный отбор воды и провести дополнительные исследования индекса ФК, патогенных микроорганизмов и колифагов. Повторное выявление бактериального загрязнения в двух последовательно взятых пробах воды в одной и той же точке требует усиления контроля за соблюдением режима в зонах санитарной охраны (ЗСО), за технологией очистки и обеззараживания воды, а так же проведения специального контроля эпидемической

безопасности питьевой воды перед вхождением в наружную распределительную сеть и в системе внутреннего водопровода.
5. Специальный токсикологический контроль включает определение особо опасных токсических веществ (см. табл. 11) и при необходимости биотестирование.

6. Специальный контроль радиационной безопасности питьевой воды предусматривает определение общей объемной активности α и β-излучателей и при необходимости ее радионуклидного состава.

Специальный токсикологический контроль и специальный кош роль радиационной безопасности питьевой воды осуществляют при повторном выявлении химического загрязнения в двух последовательно взятых пробах воды в одной и той же точке. Одновременно необходимо усилить контроль за режимом в ЗСО, за технологией очистки и обеззараживания воды.

Иногда возникает необходимость проведения с научной или другой целью специальных исследований питьевой воды, для выполнения которых требуются особые условия (специальное высокоточное оборудование, высококвалифицированный персонал). Для проведения таких работ могут привлекаться различные научно-исследовательские организации, аттестованные и аккредитованные в системе МОЗ Украины.

Вода является важнейшим компонентом среды обитания человека. Поэтому система наблюдения за качеством питьевой воды (мониторинг питьевой воды) является составной частью мониторинга окружающей среды.

Мониторинг питьевой воды — слежение за ее качеством и предупреждение о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья населения.

Мониторинг питьевой воды в КР осуществляют территориальные органы санитарно-эпидемиологической службы. Указанный мониторинг предусматривает отбор для исследования проб питьевой воды в постоянных точках: в местах водозаборов (в источниках водоснабжения), в процессе обработки воды на очистных сооружениях, перед поступлением в водопроводную сеть и в распределительной сети у потребителей. Системой мониторинга предусматривается определение в питьевой воде химических, бактериологических, радиологических и вирусологических показателей.

Отбор и исследование проб питьевой воды в постоянных точки в системе централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения осуществляется по графикам, в которых отражается объем и периодичность контроля.. Объем и содержание планируемых исследований зависит от количества питьевой воды (м3/сут), подаваемой потребителям и в зависимости от конкретной ситуации.

Полученные результаты исследований питьевой воды собираются, статистически обрабатываются, анализируются, передаются в вышестоящие органы государственной власти и органы местного самоуправления. Данные используются также для прогнозирования изменения качества питьевой воды, разработки научно обоснованных рекомендаций, направленных на

улучшение состояния питьевого водоснабжения, а также для обеспечения населения необходимой информацией о качестве питьевой воды.

Кроме контроля качества воды в постоянных точках СЭС в случае ухудшения эпидемической и гигиенической ситуаций осуществляет отбор и исследование питьевой воды в других — не постоянных точках отбора (например в эпидемических очагах, на участках водопроводной сети после проведения ремонтных работ и т.д.).

Производственный (ведомственный) лабораторный контроль качества питьевой воды в КР осуществляют предприятия питьевого водоснабжения. Для этой цели они располагают соответствующими лабораториями. Согласно Закона «О питьевой воде и питьевом водоснабжении», перечень показателей, по которым осуществляется производственный контроль, порядок и периодичность его осуществления, определимте» местными органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора. С территориальными СЭС согласовываются графики периодичности проведения исследований питьевой воды, количество исследуемых проб, содержание анализов (определяемые показатели) и точки отбора проб.

Общественный контроль качества питьевой воды и состояния питьевого водоснабжения осуществляется путем получения в установленном порядке от органов исполнительной власти, органов местного самоуправления, предприятий, учреждений, организаций полной, достоверной, своевременной информации о качестве питьевой воды, объемах ее реализации и режимах подачи.

В случае несоблюдения установленных нормативов и ухудшения качества питьевой воды, подаваемой населению, в КР по требованию санитарно-эпидемиологической службы устанавливаются причины возникшей ситуации и принимаются меры по нормализации водоснабжения.

ГЛАВА 2. Влияние электрического поля на водной системы

2.1. Электрофизическая активация воды

В электрическом поле вода приобретает особые свойства. В 1975 г было открыто явление электрохимической активации воды (ЭХАВ). ЭХАВ – совокупность электрохимического и электрофизического воздействия на воду в двойном электрическом слое (ДЭС) электрода (либо анода, либо катода) электрохимической системы при неравновесном переносе заряда через ДЭС электронами и в условиях интенсивного диспергирования в жидкости образующихся газообразных продуктов электрохимических реакций. В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное состояние, которое характеризуется аномальными значениями активности электронов и других физико-химических параметров(В.М. Бахир и др., 2001). В ранних наших отчетах также установлено, возможности очистки и обеззараживания питьевой воды на основе электрофизической ионизации.

Действительно, если через воду протекает постоянный электрический ток, то поступление в воду у катода, так же как и удаление электронов из воды у анода, сопровождается серией электрохимических реакций на поверхности катода и анода. В результате образуются новые вещества, изменяется система межмолекулярных взаимодействий, в том числе структура воды как раствора. Состав электродов (анода и катода) таков, что они могут обмениваться только электронами.

В результате катодной (католит) обработки вода приобретает щёлочную реакцию, её ОВП снижается, уменьшается поверхностное натяжение, снижается количество растворённого кислорода и азота, возрастает концентрация водорода, свободных гидроксильных групп, уменьшается электропроводность, изменяется структура не только гидратных оболочек ионов, но и свободного объёма воды. При анодной (анолит) электрохимической обработке кислотность воды увеличивается, ОВП возрастает, несколько уменьшается поверхностное натяжение, увеличивается электропроводность, возрастает количество растворённого кислорода, хлора, уменьшается концентрация водорода, азота, изменяется структура воды.

Электрохимически активированные растворы, полученные в специальных установках, в зависимости от силы пропускаемого тока могут быть нескольких видов: А - анолит кислотный (pH менее 5, ОВП + 800-1200 мВ); АН -анолит нейтральный (pH 6, ОВП + 600-900 мВ); Анолит имеет pH менее 6, а ОВП +500 - + 1100 мВ. Анолит по параметрам острой токсичности при введении в желудок и нанесении на кожу относится к 4 классу малоопасных веществ по ГОСТ 12.1.007-76 и обладает в данном классе минимальной токсичностью. При ингаляционном введении анолит с содержанием оксидантов 0,02% и общей минерализацией 0,25 -0,35% не

оказывает разражающего действия на органы дыхания и слизистые оболочки глаз. При введении внутрь не оказывает иммунотоксического действия и повышения уровня хромосомных аберраций в клетках костного мозга и, следовательно, не обладает цитогенетической активнстью. При нагревании до 400 С биоцидная активность анолита увеличивается на 30-100%: К - католит щелочной (рН более 9, ОВП - 700-820 мВ). КН- католит нейтральный (рН равно или более 9, ОВП - 300-500 мВ). Католит имеет рН более 8, а ОВП равным минус 200 – минус 800 мВ. Его антибактериальное действие диффренцированное: бактерицидный эффект проявляется относительно энтеробактерий, устойчивыми к нему являются энтерококки и стрептококки группы В, а в отношении грамотрицательных микроорганизмов - только бактериостатическое. Католит с рН ниже 10,5 и ОВП меньше минус 550 не обладает неблагоприятным действием на организм человека и не вызывает токсического эффекта при применении внутрь.

Католит является раствором с аномально усиленными электронодонорными свойствами и, попадая в кровь человека, усиливает её электронодонорный фон на несколько десятков милливольт. Авторы приводят сведения о механизмах действия католита: ускорение процессов регенерации за счёт стимуляции синтеза ДНК; иммунокорригирующее действие; усиление детоксицирующей функции печени; стабилизация проницаемости мембран клеток; нормализация энергетического потенциала клеток; повышение энергообеспечения клеток путём стимуляции и максимального сопряжения дыхания и процессов окислительного фосфорилирования.

Анолит обладает антибактериальным, противовирусным, антимикозным, антиаллергическим, противовоспалительным, противоотёчным, противозудным и подсушивающим действием, может оказывать цитотоксическое и антиметаболическое действие, не причиняя вреда клеткам тканей человека. Биоцидные вещества в электрохимически активированном анолите, не являются токсичными для соматических клеток, поскольку представлены оксидантами, подобными тем, которые продуцируют клетки высших организмов.

Католит обладает антиоксидантными, иммуностимулирующими, детоксицирующими свойствами, нормализует метаболические процессы (повышение синтеза АТФ, изменение активности ферментов), стимулирует регенерацию тканей (повышает синтез ДНК и стимулирует рост и деление клеток за счёт увеличения массопереноса ионов и молекул через мембраны), улучшает трофические процессы и кровообращение в тканях.

В настоящее время лектроактивированные растворы (как анолиты, так и католиты) находят достаточно широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Наиболее широко известно применение анолитов с целью дезинфекции и стерилизации помещений, аппаратуры, предметов ухода, кожи и слизистых и т.д., а также для лечения гнойных ран.

Можно также использовать электроактивированные водные растворы в сельском хозяйстве: в животноводстве и полеводстве (повышение

урожайности). Одним из положительных свойств этих растворов является их дешевизна и экологичность.

Одним из важных компонентов применения электроактивированных водных растворов является то, что в них отсутствуют информационные характеристики прошлых воздействий на воду и поэтому они не могут ухудшить физиологические процессы организма. Лечебные элементы складываются для анолита, из-за его выраженного противомикробного, противовирусного и противогрибкового действия, что сопровождается противовоспалительным, противоотёчным, противоспаечным эффектами.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы. Использование водных растворов обработанный в электрическом поле интенсифицирует и стабилизирует процесс биохимического окисления и позволяет увеличить производительность очистных сооружений. С помощью разработанного способа можно эффективно очищать смесь промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, утилизировать отработанные отходы путем их обработки и для дальнейшего получения на их основе различных строительных материалов и товаров народного потребления с улучшенными свойствами и качествами.

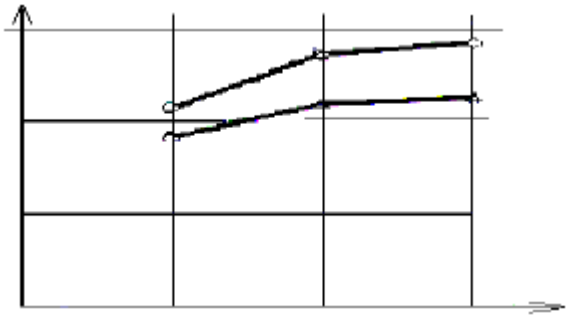

Рис. 2.1. Зависимость эффекта очистки от времени.

Как известно, наиболее распространенным методом интенсификации является применение различных реагентов, вызывающих коагуляцию и флокуляцию загрязнений. Поэтому обработка электроактивированной воды может производиться добавлением к ней минеральных солей с гидроизолирующимися катионами, анодным растворением металлов или простым изменением pH среды, если в обрабатываемой воде уже содержатся в достаточном количестве катионы, способные образовывать при гидролизе малорастворимые соединения.

В практике очистки сточных вод с высоким содержанием взвешенных веществ традиционно в качестве коагулянтов используются соли алюминия, соли железа или их смеси в разных пропорциях. Дефицит указанных выше реагентов (коагулянтов) и высокая их стоимость привели к поиску более доступных реагентов.

Такими реагентами могут быть отходы различных производств, что также решает проблему использования промышленных и других отходов.

При этом все мероприятия должно проводиться в соответствии с установленными требованиями и нормами, с учетом состава и свойств

водоемов, условий выпуска в них сточных вод, а также ПДК вредных веществ и их комплексов в воде.

*2.2.*Эффект кавитации: применение.

Кавитация (от латинского слова cavitas - пустота) - это нарушение сплошности внутри жидкости, то есть образование в ней полостей, заполненных паром, газом или их смесью (так называемых кавитационных пузырьков). Она возникает в результате местного понижения давления в жидкости ниже критического значения, которое приблизительно равно давлению насыщенного пара этой жидкости при данной температуре. Когда же понижение давления происходит вследствие местного повышения скорости в потоке жидкости, то такой вид кавитации называют гидродинамической. Когда же понижение давления происходит вследствие прохождения в жидкости акустических волн, то кавитация называется акустической.

Согласно существующим представлениям, большинство кавитационных пузырьков почти сразу после их возникновения стремительно схлопываются под воздействием давления окружающей среды. При этом в них в конце схлопывания на короткое время развиваются очень высокие давления парогазовой смеси, заполняющей пузырёк. А когда пузырёк прилегает к твердой поверхности, то в нём при схлопывании возникает микроскопическая кумулятивная струя из жидкости, разрушающая материал этой поверхности. Когда же пузырёк образуется в ультразвуковом поле при акустической кавитации далеко от твердой поверхности, то он может существовать довольно долго, периодически то сжимаясь, то расширяясь, чаще всего с частотой ультразвуковых колебаний.

В 30-е годы при исследованиях акустической кавитации открыли сонолюминесаенцию (звукосвечение). Хотя сонолюминесценция была открыта ещё в 30-е годы, природа этого свечения по сих пор остаётся загадкой, вокруг которой не утихают научные споры. Одна школа упорно настаивает, что это термическое свечение, и в кавитационном пузырьке светится газ, разогревающийся при сжатии пузырька до высоких температур. Другая считает, что в кавитационных пузырьках происходят *электрические разряды в результате* ***электризации жидкости****, и мы видим свечение этих микроскопических разрядов*.

Исследователи Е. Мейер и Н. Куттруф только в 1959 г. выяснили, что каждая вспышка сонолюминесценции представляет собой серию импульсов излучения, длительность каждого из которых не превышает $\sim 10^{-9}$ сек. При этом импульсы повторяются с частотой не менее чем $50 \cdot 10^{12}$ сек$^{-1}$. Исследования Ф. Гайтана и Л. Крума в университете штата Миссисипи, проведенные в 80-е годы, показали, что одиночный кавитационный пузырёк, удерживаемый в сконструированной ими ультразвуковой установке, раздувается до 50 мкм, затем стремительно сжимается в миллионы раз и

излучает световую вспышку длительностью $\sim 50 \cdot 10^{-12}$ сек. При этом вспышки из одного и того же пузырька повторяются с потрясающе чёткой периодичностью.

Основатель электрической теории сонолюминесценции Я. И. Френкель еще в 1940 г. предположил, что *кавитационные полости в воде возникают точно так же, как трещина в твёрдом теле.* Оно и понятно - ведь вода имеет квазикристаллическую структуру. А поскольку молекулы воды сильно полярны, то на противоположных сторонах таких трещин в жидкой воде, по мнению Френкеля, появляются значительные заряды противоположных знаков, как при растрескивании ионных кристаллов. Затем между стенками полости начинают происходить электрические разряды в парогазовой среде, ведущие к возбуждению молекул и атомов газа с последующим высвечиванием ими фотонов.

Электризация жидкости в кавитационных пузырьках вполне соответствует широко известным представлениям Ленарда о том, что трибоэлектрическая электризация жидкости происходит только при нарушении злостности её поверхности и не зависит ни от трения жидкости о твёрдые тела или газ, ни от природы газа, с которым контактирует жидкость. Поэтому предполагали, что после того как в кавитационном пузырьке произойдет электрический разряд, новым зарядам там появиться неоткуда. Но опыты Гайтана и Крума продемонстрировали, что одиночный кавитационный пузырёк, не делясь, продолжает исправно излучать всё новые и новые импульсы света в течение многих циклов его расширения и сжатия в ультразвуковом поле. Как в нём за столь малое время между импульсами излучения восстанавливается электрический заряд, необходимый для следующего разряда? Восстанавливается без нарушения целостности поверхности пузырька! Отсутствие ответа на этот вопрос пошатнуло позиции электрической теории сонолюминесценции и заставило многих вернуться к термической теории.

По оценкам этих специалистов, исходивших из измеренной яркости свечения, температура газа в пузырьке при его охлопывании достигает тысяч и даже миллионов градусов, то есть термоядерных температур. Поэтому появилось много гипотез и о термоядерных реакциях, якобы идущих в кавитационных пузырьках и ведущих к высвечиванию из них энергии в гораздо больших количествах, чем вкладывает её в воду источник ультразвука, обеспечивающий появление кавитации. Но, увы, никому не удалось зарегистрировать в воде, в которой наблюдалась ультразвуковая сонолюминесценция, следов продуктов реакций ядерного синтеза, превышающих уровень естественного фона. Тогда появились гипотезы о том, что в кавитационных пузырьках высвобождается энергия физического вакуума (то есть происходит рождение энергии из ничего). Но расчётов, способных количественно доказать это, пока нет.

Опыт работы с теплогенератором Потапова показал, что генерация избыточного тепла в нем происходит лишь тогда, когда в вихревой трубе теплогенератора интенсивно идёт кавитация, усиливаемая резонансными

звуковыми колебаниями столба воды в вихревой трубе. Резонанса добивались изменением длины трубы и удачным выбором точки расположения в ней тормозного устройства. При резонансе вихревая труба начинала "петь" как закипающий самовар. Это говорило о том, что кавитация играет определяющую роль в генерации дополнительного тепла. Потому-то московский профессор Л. Г. Сапогин и выдвинул предположение, что в кавитационных пузырьках вихревой трубы теплогенератора Потапова происходит выделение энергии физического вакуума.

Известны процессы выделения избыточной энергии при вибрационном воздействии на жидкости, вызывающем кавитацию. При этом коэффициент преобразования энергии может достигать 100% и более вследствие существования глубокой взаимосвязи физической природы явления кавитации и свойств вещества субатомного и субядерного уровня.

Наиболее близким по физико-технической сущности и достигаемому результату является способ тепловыделения в жидкость путем создания в ней и последующего схлопывания кавитационных пузырей при возбуждении колебаний давления магнитострикционным или пьезоэлектрическим пульсатором.

В фазе высокого давления схлопывание пузырей происходит с большой скоростью, сравнимой со скоростью звука в жидкости, что приводит к сильному повышению в них температуры и давления пара.

Недостаток известного способа заключается в малом значении интенсивности созданного в жидкости тепловыделения относительно затраченной на создание в ней кавитации. Это объясняется как отсутствием возможности регулирования общего объема пузырей, так и низким значением КПД пульсаторов с приводом от внешнего атомного источника.

Это решается тем, что в известном способе тепловыделения, включающем создание в жидкости кавитации, новым является то, что кавитирующая жидкость циркулирует в замкнутом контуре. В жидкости создают газовую подушку и последовательно варьируют ее объем и расход протекающей жидкости до установления в ней автоколебательного режима. Источником кавитации может служить центробежная форсунка. Для варьирования объема газовой подушки замкнутый контур снабжен расширительной емкостью с перемещающимся в ней поршнем. В замкнутом контуре с жидкостью газовые включения могут образовываться только при наличии в контуре объема, свободного от жидкости. При полном заполнении замкнутого контура жидкостью образование газовых включений маловероятно по причине практической несжимаемости жидкости. При достаточном свободном объеме газовые пузыри растут настолько, что сливаются в струйные течения; наступает режим суперкавитации, при котором интенсивность схлопывания сильно ослабевает и определяется медленным процессом массообмена пара и жидкости. Дополнительное образование паровых пузырей во всем гидравлическом контуре осуществляют путем развития в жидкости автоколебаний с мягким возбуждения, для которых не требуется внешний источник. Для этого

помимо того, что изменяют (варьируют) объем газовой подушки, регулируют расход, а, следовательно, скорость и давление жидкости в контуре.

Совместное регулирование расхода и объема кавитационных пузырей проводят до возникновения регулярных автоколебаний, характеризующихся узким спектром частот на фоне турбулентного шума. Увеличение общего объема газовых включений и градиента изменения скорости жидкости осуществляют путем организации вихревого течения жидкости. В этом случае пузыри образуются преимущественно в толще жидкости, что обеспечивает синхронность стенок контура и, соответственно, повышает надежность способа и увеличивает долговечность устройства, с помощью которого он реализуется.

Технической результат предлагаемого способа тепловыделения в жидкости заключается в следующем. Способ обеспечивает высокий КПД преобразования в тепло вводимой в контур энергии. Реализация способа проста как в операционном исполнении, так и в конструкционном воплощении устройства его осуществления, поскольку не требует уникальных приборов и дефицитных материалов. Таким, образом, обеспечивается надежность и долговечность, а также относительная дешевизна теплонагревательных устройств, где используется способ.

Схема устройства для осуществления способа тепловыделения в жидкости представлена на рис.2.2.. Устройство содержит насос 1 с электрическим мотором 2, гидравлический контур 3, на котором последовательно установлена расширительная емкость 4 с поршнем 5, снабженный устройством 6, для его перемещения, заправочный штуцер 7 и кавитатор 8 центробежного типа (например, многоканальная форсунка). После кавитатора 8 в контур 3 вмонтирован теплообменник 9 для передачи тепла потребителю. Контур 3 снабжен также дросселем 10, датчиками температуры 11 и давления 12. Расширительный бачок 4 в свою очередь содержит дренажный клапан 13.

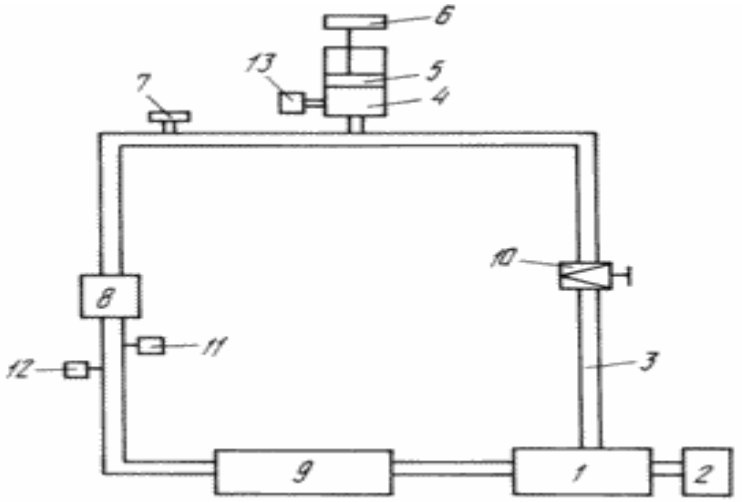

Рис. 2.2. Устройство для осуществления тепловыделения в жидкости

Работа устройства осуществляется следующим образом. Сначала открывают дренажный клапан 13 и через заправочный штуцер 7

гидравлический контур 3 заполняют жидкостью (водой). При этом поршень 5 с помощью устройства для его перемещения 6 устанавливают в одно из крайних положений, например, в нижнее. Затем, включают электромотор 2 и насосом 1 прокачивают жидкость через контур 3, фиксируя температуру датчиком 11 и давление его пульсации датчиком 12. Заправочный штуцер 7 и дренажный клапан 13 при этом предварительно закрывают. Далее открывают дренажный клапан 13 и устройством для перемещения 6 изменяют положение поршня 5 в расширительной емкости 4, например, постепенно сдвигают вверх. В новом положении поршня 5 закрывают дренажный клапан 13, фиксируют температуру жидкости. Одновременно измеряют расход жидкости в контуре дросселем 10 до появления колебаний давления в контуре 3. При этом последовательно добиваются увеличения температуры жидкости. Оптимальное управление этим процессом успешно может быть реализовано с помощью ЭВМ. При достижении максимальной температуры процесс регулирования заканчивают. Это регулирование необходимо осуществлять при изменении условий теплообмена теплообменника 9.

Результаты испытаний по предложенному способу тепловыделения в жидкости приведены в таблице 2.1. В испытаниях использовалась обычная вода.

Таблица 2.1.

Результаты испытаний тепловыделения в жидкости

№ опыта	G, кгс	W_1, кВт	η	T, ^oC	f, Гц	V, л	W_2, кВт
1.	1,8	7,4		40	0,01	7,0	95
2.	1,8	7,4		52	0,23	7,6	103
3.	1,7	7,2		55	0,25	8,7	121

где G - расходы воды; W_1- мощность передаваемая электродвигателем в кавитирующую воду; T - стационарная температура воды в контуре; f - частота автоколебаний давления в контуре; V- объем газовой подушки в контуре (общий объем контура равен 10л); W_2- тепловая мощность снимаемая с теплообменика; $\eta=W_2/W_1$ -КПД процесса преобразования энергии.

Из таблицы видно, что помощью данного устройства последовательно можно добиватся увеличения температуры жидкости, тем самым происходит частичное обеззараживание сточной воды, а для полного обеззараживания необходимо создать условие возникновения электрических разрядов вжидкости. Поэтому в следующем параграфе экспериментально проверим степени обеззараживания сточных вод под действием электрического поля и эффекта кавитации.

2.3.Обеззараживание сточных вод с использованием электрического поля и эффекта кавитации

Чистую воду в любом водозаборе обеспечивают два фактора: *фильтрация и дезинфекция*. При этом, очистка и обеззараживание питьевой воды проводится поэтапно: в начале механическая очистка, далее обеззараживание воды путем хлорирования.

Обеззараживание воды обеспечивается современными средствами, как, например, хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение, электролиз. Наиболее распространенный метод обеззараживания питьевой воды– хлорирование, хотя и имеет побочные действия. Ультрафиолет, озонирование, электролиз также дают обеззараживание воды, в процессе прохождения воды через прибор дезинфекции. То есть, чтобы добиться идеального состояния воды, необходимо регулярно проводить очистку и обеззараживание воды, применяя в совокупности физические и химические методы.

В настоящее время в городе Ош в водоочистном сооружении производится очистка и обеззараживание воды с помощью механической фильтрации, а также путем хлорирования и биологическим способом. Однако, вода, обработанная таким образом, характеризуется высоким содержанием различных соединений. Эту проблему в настоящее время также решают либо отстаиванием воды, либо доочисткой угольным и другими фильтрами.

В данной работе исследован способ обеззараживания воды на основе кавитации. Установлено, что, для обеззараживания питьевой воды в г. Ош (Озгур) за 1 год расходуется 1152 т. хлора рыночной стоимостью 304.2 млн. сом, в то же время при использовании электрического поля или эффекта кавитации для обеззараживания воды удешевляются процесс обеззараживания воды в разы.

А) Обеззараживание сточных вод на основе электрического поля и кавитации.

Для выявления возможности проведения обеззараживания прямым воздействием электрического поля на обрабатываемую воду нами были выполнены ряд лабораторных исследований. Они направлены на поиск оптимальных режимов обработки и технического решения проведения процесса обеззараживания сточных вод.

Экспериментальная установка, состоит из устройства для обеззараживания воды, изготовленного из нержавеющей стали, выпрямителя, подающего постоянное напряжение на электроды, амперметра и вольтметра для измерения токового режима.

Исследования проводились с водой реки Ак-Буура. Результаты экспериментальных результатов приведены в таблицах 2.2. и 2.3. Бактерицидный эффект оценивался по стандартной методике.

Таблица 2.2.

Обеззараживание воды с помощью электрофизической ионизации

№	U (В)	I (А)	Время обеззар (Сек)	T (С)	V (Л)
1	8	$1,5\cdot10^{-3}$	0	15	2
2	8	$1,3\cdot10^{-3}$	30	15	2
3	8	$1,0\cdot10^{-3}$	60	15	2
4	8	$0,7\cdot10^{-3}$	90	15	2
5	8	$0,6\cdot10^{-3}$	120	15	2
6	8	$0,6\cdot10^{-3}$	150	15	2
7	8	$0,6\cdot10^{-3}$	180	15	2
8	8	$0,6\cdot10^{-3}$	210	15	2
9	8	$0,55\cdot10^{-3}$	360	15,2	2
10	8	$0,5\cdot10^{-3}$	660	15,5	2
11	8	$0,5\cdot10^{-3}$	2400	17	2

Таблице 2.3.

Обеззараживание воды с использованием эффекта кавитации

№	P (Атм.)	T (С)	n (Обор.)	U (В)	I (А)	V (Л)	Время обеззар (Сек)	Степень обеззараж.
1	-	12	1	8	$1,5\cdot10^{-3}$	2	0	79,2
2	1	15	2	8	$1,2\cdot10^{-3}$	2	30	83,3
3	1	18	4	8	$0,95\cdot10^{-3}$	2	60	90,7
4	1	21	6	8	$0,75\cdot10^{-3}$	2	90	95,9
5	1	23,4	8	8	$0,68\cdot10^{-3}$	2	120	98,0
6	1	25,5	10	8	$0,62\cdot10^{-3}$	2	150	99,3
7	1	26,7	12	8	$0,6\cdot10^{-3}$	2	180	100,0
8	1	28	14	8	$0,6\cdot10^{-3}$	2	210	100,0
9	1	29	16	8	$0,6\cdot10^{-3}$	2	240	100,0

В таблице 2.4 представлены результаты лабораторных исследований воды на микробиологические показатели в зависимости от количества прохождения через кавитатор. Из полученных ланных видно,что 12 кратное прохождение воды через кавитатор на сто процент обеззараживает её.

Таблица 2.4.

Результаты лабораторных исследований воды
(микробиологические показатели)

Число прохождения воды через кавитатор	Определяемые показатели						Методы испытаний
		КОЕ в 1мл	НВЧ ОКБ в 100мл	НВЧ ТКБ в 100мл	Патогенная микрофлора в т.ч. сальмонелла	Степень обеззараживание в %	
	Исходная вода	200мт.	960	960	Не обнар.	-	ГОСТ 19963-73
1		Роста нет	200	210	Не обнар	79,2	ГОСТ 19963-73
2		Роста нет	161	165	Не обн.	83,3	-/-
3		Роста нет	118	120	Не обн	87,8	-/-
4		Роста нет	90	90	Не обн.	90,7	-/-
5		Роста нет	63	65	Не обн.	93,5	-/-
6		Роста нет	40	40	Не обн.	95,9	-/-
7		Роста нет	28	30	Не обн.	97,1	-/-
8		Роста нет	20	20	Не обн.	98	-/-
9		Роста нет	12	14	Не обн.	98,8	-/-
10		Роста нет	7	7	Не обн.	99,3	-/-
11		Роста нет	3	3	Не обн.	99,7	-/-
12		Роста нет	0	0	Не обн.	100	-/-

Для количественной оценки взаимосвязи степени обеззараживания с техническими параметрами были рассчитаны коэффициенты корреляции, которые приведены в таблице 2.5.

Как видно из таблицы 2.5 все коэффициенты корреляции имеют значение >0, что говорит о существовании в исследованных зависимостях прямой стохастической связи. При этом величина корреляционной связи бактерицидного эффекта со всеми исследованными параметрами велика и примерно одинакова. Это дает возможность сделать вывод о необходимости исследования влияния комплекса параметров на обеззараживание.

Таблица 2.5

Взаимосвязь параметров процесса и степени обеззараживания

Зависимость	Коэффициент корреляции
Ток – Бактерицидный эффект	0,78
Напряжение – Бактерицидный эффект	0,74
Время обработки – Бактерицидный эффект	0,80
Электрическое сопротивление –	0,76

Бактерицидный эффект	

Согласно закону Ома I=U/R, при этом расход воды определяется как q=V/t, а удельные затраты электроэнергии составят: E_1= IUt/V, или $E_1=U^2/qR$, Дж/м^3.

Здесь величина ($qR/U^{2)}$ это - бактерицидный комплекс, который характеризует затраты электроэнергии, на единицу объема обеззараживаемой воды.

Зависимость бактерицидного эффекта от комплекса qR/U^2, учитывающего токовые параметры приведена на рисунке 2.3.

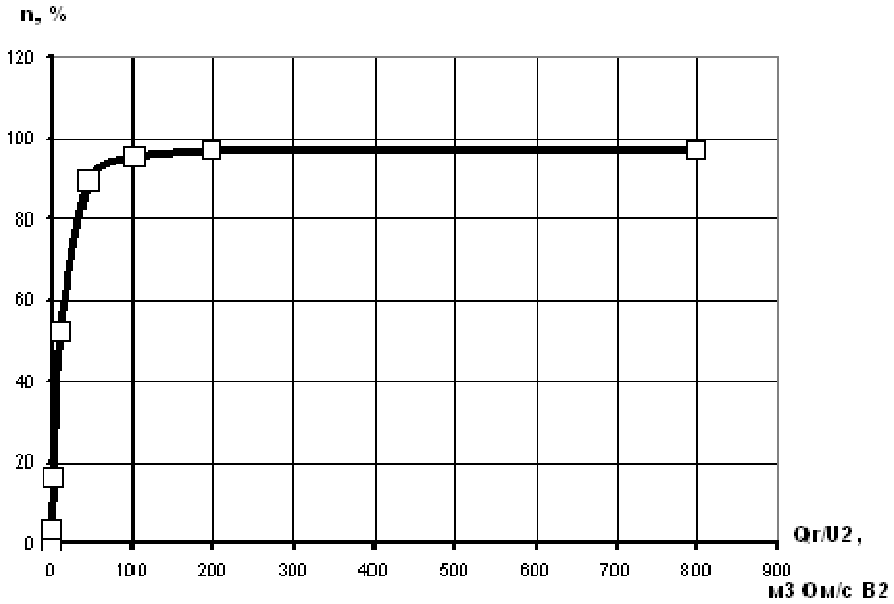

Рис.2.3. Зависимость бактерицидного эффекта от qR/U^2.

Полученная зависимость бактерицидного эффекта от комплекса qR/U^2 описывается уравнением:

$$Q=A*\exp(-EqR/U^2) \quad (2.1)$$

Коэффициент корреляции связи бактерицидный эффект – комплекс qR/U^2 составил 0,84, что превышает значения коэффициентов для других исследованных зависимостей. Таким образом, комплекс параметров qR/U^2 может быть использован в качестве критерия при моделировании процесса электрообеззараживания.

Б) Жесткость воды

Как известно, жесткость воды зависит от наличия в ней растворенных солей кальция и магния.

Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/дм^3 считается *мягкой*, от 4 до 8 мг-экв/дм^3 - средней *жесткости*, от 8 до 12 мг-экв/дм^3 - *жесткой* и выше 12 мг-экв/дм^3 - *очень жесткой*. Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70%); однако в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50-60%. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (десятки и сотни мг-экв/дм^3). Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения. Величина общей жесткости в питьевой воде не должна превышать 10,0 мг-экв/дм^3.

Поэтому задача заключается в том, чтобы уменьшить жесткость воды применяемой технологическом процессе до 4 мг-экв/дм^3 и менее.

В таблице 2.6. представлены результаты экспериментов полученные после обработки электрическим полем.

Таблица 2.6.

Показатели жесткости воды после обработки электрическим полем

№ опыта	Напряж., В	Расстояние между электродами, мм	Исходные показатели жесткости воды, мг-экв/дм^3	Жесткость воды после электр. обработки, мг-экв/дм^3	Показатель уменьшения жесткости воды, в %
1.	50	3	4,2(Мады)	2,3	54,8
2.	120	8	5,5 (Ак-Буура)	2,7	49,0

Из таблицы видно, что электрическое поле позволяет уменьшить жесткость воды примерно на 50%. То есть такая безреагентная электрическая обработка с целью уменьшения жесткости воды является экономически целесообразной.

Б) Коэффициент электрического сопротивления воды

Для того чтобы изучить особенности воды после обработки электрическим и магнитним полем, а также после прохождения воды через кавитатор мы экспериментально исследовали изменения электрического сопротивления воды. Полученные данные представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7.

Электрическое сопротивление воды при воздействии электрического поля и магнитного поля и при прохождении через кавитатор

	Количество прохождения воды через кавитатор	*Сила тока , I (мкА)*	*Напряжение, U (В)*	*Сопротивление, R (МОм)*
Исходная вода	----	30	40	1,33
Вода проходящая через кавитатор	1 2 3	30 30 30	38 32 25	1,27 1,07 0,83
Вода проходящая через кавитатор и электрическое поле	1 2 3	30 30 30	33 30 22	1,1 1 0,73
Вода проходящая через кавитатор и магнитное поле	1 2 3	30 30 30	31 26 18	1,03 0,87 0,6

Из полученных данных видно, что после соответствующих обработок коэффициент сопротивления воды уменьшается, т.е. уменьшается ее жесткость.

Выводы:

1.Электрическое поле между электродами эффективно обеззараживает сточных вод. При этом основным параметром обеззараживания при постоянных токовых значениях является время воздействия электрического поля на обрабатываемую воду(см.таб.2.3)

2.Способ обеззараживания воды электрическим полем могут быть рекомендованы для высокоэффективного обеззараживания и уменьшения жесткости воды.

3.Процессы кавитации также эффективно обеззараживает сточную воду (таб.2.2)

Глава 3. Создание обеззараживающего устройства на основе эффекта кавитации

3.1. Ультраструйная гидротехнология получения активированных микро- и наносуспензионной жидкости

Наличие в жидкости твердых частиц определенного состава, числа, концентрации, формы, размера и других физико-химических параметров способно существенным образом изменять исходные свойства жидкости (матрицы) и наполнителя (самих частиц), например, вследствие проявления различных граничных эффектов. В этом смысле суспензия представляет жидко-твердофазную квазиравновесную систему, имеющую все признаки классического композиционного материала.

Исходя из этого, суспензию можно условно классифицировать как специфический жидкофазный композиционный материал, обладающий широкими функционально-технологическими возможностями и потребительскими свойствами. Хорошо известные технологии получения суспензий в различных отраслях промышленности сводятся к двум основным способам производства: дисперсионному и конденсационному. В последнем способе появление твердой фазы в жидкости обусловлено реализацией определенной цепочки физико-химических процессов, приводящих в конечном итоге к конденсации из исходной жидкофазной системы (раствора) мелкодисперсных частиц, обычно кристаллической структуры и определенного химического состава.

В существующих способах процесс приготовления суспензий, состоящих из механической смеси жидкой фазы (наполнителя, порошка), разделен по времени. Как правило фракционирование и/или диспергирование исходного твердого продукта осуществляется механически, а затем происходит его смешивание с жидкой матрицей. При этом процесс смешивания может сочетаться с измельчением наполнителя, сепарацией и т.д.

Такая последовательность действий снижает эффективность активации жидкофазной матрицы частицами твердого наполнителя. К числу активирующих жидкую матрицу процессов следует отнести диффузионные, химические и другие процессы и явления, протекающие на границе раздела двух фаз. Кроме этого, наличие на поверхности частиц порошка пассивирующих химических и молекулярных (адсорбционных) пленок также ухудшает процесс активации жидкофазной матрицы (ЖМ) элементами дисперсной твердой фазы.

Эти недостатки отсутствуют ультраструйной гидротехнологии получения активированных микро- и наносуспензий, в которой совмещается процесс диспергирования (разрушения, микроразрушения, фракционирования) твердой фазы с процессом образования суспензии. Вследствие этого повышается эффективность активации суспензии (конечного продукта), т.е. проявляются ее новые качества и улучшаются эксплуатационные свойства.

Суть ультраструйной гидротехнологии состоит в том, что ультраструя (УС) направляется на преграду (мишень), с которой после ударно-динамического взаимодействия происходит микроразрушение с отделением

от мишени микро- и наночастиц материала. Отделившиеся активные частицы материала мишени смешиваются с уже активированной (за счет удара ЖМ) жидкостью. Исследования показали, что размер частиц, отделившихся от поверхности материала мишени, имеет микро- и наноразмеры, причем большинство наночастиц материала растворяются в рабочей жидкости.

Ультраструйная гидротехнология является новым способом активации жидкостей и получения мелкодисперсных и наносуспензий, в основе которого лежит известная и интенсивно развивающаяся технология жидкостного и абразивно-жидкостного резания. Основными факторами, приводящими к активации и лежащими в основе технологии получения суспензий данным методом, являются: сжатие, сверхинтенсивный удар о преграду, газонасыщение, микролегирование материалом мишени, диспергирование.

Управление функциональной активностью различных жидкостей может осуществляться варьированием рабочего давления, диаметра струеформирующего сопла, расстояния до мишени, материала мишени и других технологических параметров обработки. Таким образом, ультраструйная гидротехнология позволяет обеспечить совмещение процессов образования дисперсной ТФ и суспензии в целом, повысить функциональную активность последней.

К положительным параметрам предлагаемого ультраструйного способа получения активированных суспензий следует отнести легкую управляемость процессом, получение суспензий в промышленных масштабах, отсутствие ограничений на прочностные характеристики ТФ.

К основным активирующим фактором предлагаемого совмещенного способа получения активированных суспензий необходимо отнести следующее:

-образование частички ТФ непосредственно в контакте с жидкостью (внутри ЖМ);

-развитую (большую) поверхность частичек ТФ;

-воздействие на ЖМ механо-химических, физических и других процессов, происходящих в момент отделения частички ТФ от исходного компактного твердого материала(мишени).

К таким процессам относят мощнейшее гидродинамическое, ударно-акустическое воздействие на поверхность мишени, приводящее, как известно, к активации самой ЖМ (к возможности проявления синергетических эффектов активации). Это объясняется тем, что струйно-ударная активация ЖМ в сочетании со сверхактивными частицами ТФ(наполнителя) может привести к появлению нелинейных эффектов в функциональных свойствах конечного продукта, которыми не обладали его исходные элементы (компоненты). Другими словами, классическое правило «смесей» может не выполняться, т.е. создаются все необходимые и достаточные условия для проявления синергизма в свойствах активированной по предлагаемому способу суспензии.

Появляется техническая возможность получения микро- и наносуспензий с различными размерами ТФ, их сепарирование естественным путем (отстаивание) или в специальных сепараторах. Причем анализ наследственных свойств ЖМ, т.е. влияние на свойства жидкости в данный момент времени предыстории ее получения (предшествующих воздействий, примесей, полей и т.д.) является самостоятельной научно-прикладной задачей.

В результате выполненных исследований установлено, что применение ультраструйной гидротехнологии позволяет решать комплекс вопросов, связанных с активацией и реновацией жидкофазных продуктов. В частности, на примере воды и жидкостей на ее основе показано: повышение функциональной активности смазочно-охлаждающих технологических сред, применяемых в металлообработке; сильное диспергирующее и стабилизирующее действие ультраструи на струдносмешиваемые эмульсии; сильное, вплоть до полного обеззараживания, бактерицидное действие на обрабатываему жидкость УС за счет ударно-динамического фактора; сохранение эффекта стерилизации жидкости, в частности воды, в течение минимум одного года.

Экспериментальные исследования позволили установить, что обеззараживающее(бактерицидное) действие УС на обрабатываемые гидротехнологические среды, в первую очередь, на основе воды и ее производных, обусловлено ударно-динамическим, акустико-волновым эффектом стерилизации и сопутствующих ему явлений химической и электрмагнитной природы, усиливающих ее результативность.

Ультраструйная гидротехнолгия получения активированных мелкодисперсных и наносуспензий обладает большим инновационным потенциалом, превышающим потенциал классических способов струйно-ударной активации жидкостей.

3.2.Кавитационное устройство на основе сопло Лаваля.

В основе создания кавитационного устройства(КУ) заложены использования эффекта с помощью сопла Лаваля. То есть, кавитационная установка содержит кавитатор, соединенных между собой патрубком. При этом модуль кавитационного теплогенератора снабжены индивидуальными тепловыми датчиками и индивидуальными трубопроводами отвода горячей воды из них через соединительные патрубки, а в местах пересечения патрубков и трубопроводов размещены запорные устройства. Трубопровод подачи воды из бака-аккумулятора устройства снабжен водяным насосом.

Выделение тепловой энергии в процессе кавитации основано на физическом принципе преобразования одного вида энергии в другой. Кавитационные пузырьки образуются в тех местах, где давление в жидкости становится ниже некоторого критического значения $P_{кр}$ (в реальной жидкости $P_{кр}$ приблизительно равно давлению насыщенного пара этой жидкости при данной температуре). Гидродинамическая кавитация

характеризуется тем, что вся масса жидкости участвует в процессах образования (развития и схлопывания) кавитационных полостей. Создаются условия генерирования кавитационных пузырьков, близких по величине диаметра. Газы и пары внутри пузырька сжимаются, интенсивно выделяя тепло, за счет которого повышается температура жидкости в непосредственной близости от пузырька, и, таким образом, создается горячая *«микрообласть»*. Точные значения температур и давлений, достигаемые при схлопывании пузырька, трудно определить как теоретически, так и экспериментально. Температуру схлопывающегося пузырька невозможно измерить термометром, поскольку рассеивание тепла происходит слишком быстро. Согласно оценкам Иллинойского университета в Эрбана - Шампен скорости нагрева и охлаждения жидкости превышают 109 ^{0}С/сек. Это соответствует скорости охлаждения расплавленного металла при его выплескивании на поверхность, охлажденную до температуры вблизи абсолютного нуля. Д. Хаммертон установил наличие двух различных температурных областей, связанных со схлопыванием пузырька. Газ, содержащийся в пузырьке, достигает температуры около 5500 ^{0}С, тогда как жидкость в непосредственной близости от пузырька – 2100 ^{0}С. Несмотря на то, что температура этой области чрезвычайно высока, сама микрообласть настолько мала, что тепло быстро рассеивается. Поэтому в любой момент времени основная масса жидкости имеет температуру не выше +95 ^{0}С.

Для создания кавитационного устройства(теплогенератора) необходимо получения внутренней энергии воды с помощью эффекта кавитации рабочей среды любого вещества, находящееся в жидком состоянии. Эта задача решена путем создания в веществе кавитационных пузырьков за счет периодически изменяющегося давления, имеющего постоянную и переменную составляющие. При одновременном воздействии переменного и статического давлений на вещество в жидкой фазе в жидкости образуются кавитационные пузырьки в тот момент, когда сумма двух величин: амплитуды переменного давления и давления насыщенных паров вещества при данной температуре, превысит сумму двух величин: статического давления и прочности жидкости на разрыв при данной температуре. В момент захлопывания пузырьков их стенки под действием разности давлений, действующих на кавитационные пузырьки, ускоряются, приобретают кинетическую энергию и сталкиваются в центре. Величина приобретенной кинетической энергии оказывается достаточной для разрыва связи между атомами(молекулами). В результате в локальной области вещества в момент исчезновения кавитационного пузырька (его захлопывания) происходит выделения большого количества энергии. Данная энергия, выделяющаяся в зоне обработки, преобразуется в жидкости в тепло. Это тепло непрерывно отводят из зоны обработки в виде нагретой жидкости и используют по необходимости, а охлажденную жидкость возвращают в зону обработки.

Известны вихревые теплогенераторы, в которых поток воды в вихре разгоняется до больших скоростей, вследствии чего давление в воде становится значительно ниже атмосферного, и в результате этого образуются кавитационные пузырьки. Далее этот поток тормозится механической преградой, давление в воде резко повышается, и кавитационные пузырьки захлопываются. При этом выделяется тепловая энергия, которая приблизительно в 2 раза больше, чем электроэнергия, затраченная на создание вихревого движения воды.

Такие теплогенераторы используются для отопления зданий. Главный их недостаток в том. что они не могут производить избыточную электроэнергию. Дополнительный недостаток в том. что их эффективность недостаточно высока.

Наиболее близким по конструкции и сущности работы таким теплогенераторам является устройство для отопления индивидуальных зданий, сущность работы которого состоит в следующем. Вода насосом под давлением пропускается через совокупность параллельных трубок малого диаметра и поступает в емкость с водой, где скорость потоков воды резко уменьшается, а давление в соответствии с законами гидродинамики повышается, в результате чего кавитационные пузырьки захлопываются и выделяется тепловая энергия. Вода в емкости нагревается и используется для отопления. Однако, *недостатком этой установки* является конструктивная сложность и как следствие этого для их создания требуются большие капиталовложения. Поэтому создание конструктивно простой и эффективной кавитационной установки является *актуальной задачей.*

В этой связи целями описываемого ниже технического решения кавитационного модуля являются: - упрощение конструкции;- снижение кавитационного износа рабочих органов.

Достижение поставленных целей достигается тем, что:

1.В кавитационном энергопреобразователе, для непосредственного обеспечения образования кавитационных пузырьков с целью преобразования внутренней энергии воды в тепловую и расширения функциональных возможностей теплогенератора водяной канал системы кавитообразователя в своем поперечном сечении выполнен в виде сопло Лаваля.

2. Для обеспечения управления энергопреобразования в широких пределах и различных эксплуатационных условиях проходное сечение сопло Лаваля выполнено переменным, т.е. установлены местные сужающие его проходное сечение и тормозящие поток жидкости перемычки. Кроме того, активизация кавитационных процессов возможна и в рециркуляционных каналах за счет изменения их входного или/и выходного сечения. Отметим, что СКУ солнечные дни использует солнечной энергии, а ночи, пасмурные дни и особенно зимние время использует эффект кавитации и обеспечивает жилое и производственное помещение горячей водой.

Вода при температуре 20^0С имеет прочность на разрыв примерно 0,35 МПа. Водопроводную воду при температуре 20^0С подают в кавитатор (сопло Лаваля). При прохождении воды через кавитатор образуются пузырьки и в

процессе их схлопывания вода нагревается. Нагретая вода далее направляется по трубопроводу потребителю тепловой энергии. Установив необходимый режим работы установки, дают выдержку в течение 10-15 мин для достижения стабильной работы на заданном режиме и производят необходимые измерения. Потребляемую мощность электронасоса измеряют ваттметром. Мощность выделения тепла определяют по произведению двух измеряемых величин: разности температуры на входе и выходе кавитатора, измеряемой с помощью термопары и расхода жидкости, проходящей через кавитатор, измеряемого посредством манометра и константы теплоемкости обрабатываемой жидкости: проведя все вышеперечисленные измерения, можно сделать вывод о том, что потребляемая мощность для осуществления предлагаемого способа в среднем в два-три раза меньше, чем выделяемая в результате осуществления предлагаемого способа тепловая мощность.

Предлагаемый модуль КУ показан на рис. 3.1.

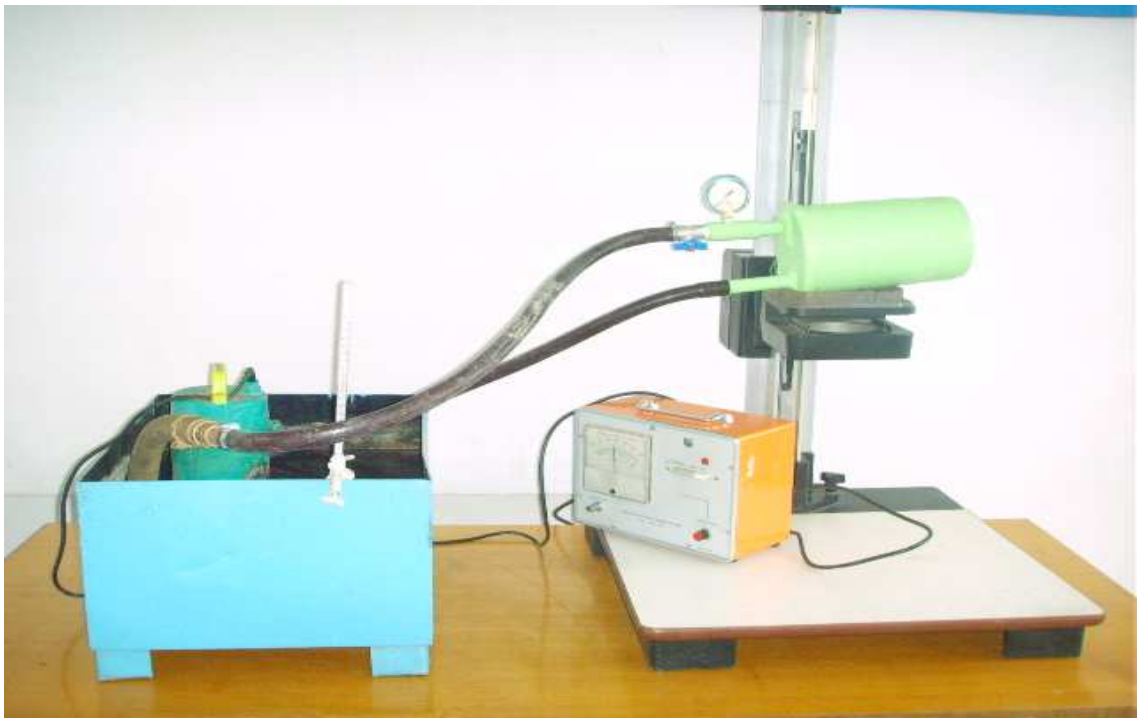

Рис. 3.1. Лабораторное кавитационное устройство.

Данный модуль КУ, содержащая насос для прокачки воды, устройство для образования кавитационных пузырьков в воде-активатора и кавитатора отличается от других аналогичных устройств с *регулирующим гидроударным барьером*. Отдавшая большую часть тепла в гидроударном объеме схлопывания вода из радиатора отопления по трубопроводу возвращается в насос и таким образом рабочий цикл во втором модуле заканчивается и может далее повторяться неограниченное количество раз.

В экспериментальных условиях, в зависимости от температуры теплоносителя на входном патрубке и объема прокачки установлено, что за один проход через устройство, теплоноситель(вода) нагревается до 10 ^{0}С.

Таким образом, при осуществлении предлагаемого способа использования эффекта кавитации появляется возможность в промышленном масштабе преобразовать внутреннюю энергию жидкости (воды) в тепло.

Преимуществом предлагаемого теплогенератора КУ являются:

- коэффициент преобразования энергии составляет почти 100%;
- устройство работает автономно, для его функционирования не требуется подключения к централизованному отоплению;
- высвобождаются средства, которые ранее направлялись на подготовку котельных и тепловых коммуникаций к отопительному сезону, так как теплогенератор не нуждается в плановой профилактике;
- доступность корректировки рабочей температуры теплоносителя;
- электроэнергия необходима лишь для питания привода гидронасоса;
- простота эксплуатации, минимальная трудоемкость обслуживания;
- высокий экономический эффект;
- отсутствие токсичных выбросов в окружающую атмосферу;
- быстрая самоокупаемость.

КУ не требует обслуживания в процессе работы, так как не имеет прямых нагревательных элементов и не нуждается в регулярной замене частей. Температура в системе поддерживается автоматически. Взрывоопасность исключена из-за обязательного использования в системе расширительного бака. При установке не требуется постройка специального фундамента.

Таким образом, КУ может быть использовано для горячего водоснабжения жилых домов, объектов административно-бытового, производственного и сельскохозяйственного назначения.

Заключение и выводы

I.Результаты использования эффекта кавитации

1.Разработана кавитационная установка (КУ) нового типа. КУ работает на основе эффекта кавитации в трубопроводе теплотрассы установки. КУ может быть использовано для горячего водоснабжения жилых домов, объектов административно-бытового, производственного и сельскохозяйственного назначения.
2.Применение гидроударной технологии позволяет решать комплекс вопросов, связанных с активацией жидкофазных продуктов. В частности, на примере воды и жидкостей на ее основе показано: повышение функциональной активности технологических сред, применяемых в обеззараживании и бактерицидного действия на обрабатываему жидкость за счет ударно-динамического фактора; сохранение эффекта стерилизации жидкости воды.
3.Установлено обеззараживающее(бактерицидное) действие эффекта кавитации и гидроударной технологии на обрабатываемые гидротехнологические среды, в первую очередь, на основе воды и ее производных, обусловлено ударно-динамическим, акустико-волновым эффектом стерилизации и сопутствующих ему явлений физической и электромагнитной природы, усиливающих ее результативность.

II.Предложения по улучшению питьевого водоснабжения

Учитывая огромное значение качества и количества подаваемой питьевой воды для здоровья населения и условий его проживания, обеспечения нормального функционирования детских, лечебно-профилактических, культурных, спортивных и других учреждений, коммунального хозяйства, промышленных предприятий и других объектов представляется важным внедрение в КР наиболее прогрессивных мероприятий в сфере питьевого водоснабжения.

Рекомендации нами подготовлены на основании анализа передового опыта организации питьевого водоснабжения, накопленного не только в КР, но и в Соединенных Штатах Америки и других странах. Все эти предложения условно делятся на группы:

- нормирование качества питьевой воды в КР;
- мониторинг воды и использование полученных данных;
- требования к источникам водоснабжения и очистке питьевой воды;
- изучение здоровья населения в связи с качеством употребляемой питьевой воды и меры реагирования.

А)Нормирование качества питьевой воды в КР

1. С целью упрощения и упорядочения организации лабораторного контроля качества питьевой воды и надзора за соблюдением ее качества целесообразно вместо одновременно действующих в КР основных нормативов качества воды ГОСТа и ГСанПиН разработать и внедрить

единый, соответствующий современным мировым требованиям обязательный стандарт качества питьевой воды.

2. Предусмотреть в обязательном стандарте качества питьевой воды в КР нормирование широкого перечня органических веществ, радионуклидов, тяжелых металлов, в первую очередь тех, которые могут встречаться в водоисточниках и питьевой воде и представлять опасность для здоровья.

3. Учитывая отрицательное влияние на здоровье населения и хозяйственную деятельность воды с повышенным солесодержанием и жесткостью, по опыту США с определенного, установленного правительством времени (например с 2010 г.), внедрить более строгие нормативы максимально допустимого содержания в питьевой воде сухого остатка (общая минерализация), сульфатов, хлоридов, нитратов, а также общей жесткости .

4. Для каждого нормируемого показателя установить не только допустимую максимальную (при необходимости и минимальную), но и оптимальную для здоровья величину в узком диапазоне колебаний. Например для содержания сухого остатка в питьевой воде установить нормируемые концентрации: максимальную до 2013 г. — 1000 мг/л, с 2015 г. максимальную — 500 мг/л, минимальную — 100 мг/л и оптимальную для здоровья — 300-350 мг/л.

5. Предусмотреть в нормативах качества питьевой воды для каждого показателя краткую информацию о возможном отрицательном его влиянии на здоровье в случае несоблюдения установленного норматива.

6. По опыту США законодательно установить в КР право органам местного самоуправления (на городском и районном уровнях) по согласованию с территориальными санитарно-эпидемиологическими станциями устанавливать местные, более строгие, нормативы качества питьевой воды при обязательном соблюдении общегосударственных стандартов.

Б)Организация мониторинга питьевой воды и использования полученных данных

1. В процессе осуществления государственного и производственного лабораторного контроля обеспечить исследование на всех уровнях в питьевой воде органических веществ, предусмотренных ГСанПиН «Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», хлорфенолов, α- и β-излучателей и других нормируемых показателей. В случае введения в стандарты качества питьевой воды новых показателей организовать их лабораторное исследование. Решить вопрос определения в питьевой воде бензапирена, других ароматических углеводородов и радона.

Обеспечить лаборатории санитарно-эпидемиологических станций (СЭС) всех уровней, а также производственные лаборатории водоснабжающих организаций и другие водные лаборатории современными приборами и оборудованием, унифицированной методической документацией для

осуществления контроля необходимых показателей питьевой воды. Организовать централизованно соответствующую подготовку лаборантов.

2. В процессе осуществления мониторинга питьевой воды внедрить повсеместно компьютерную обработку результатов лабораторных исследований проб воды, отобранных в постоянных точках (створах) с вычислением за месяц, квартал и год минимальной, средней и максимальной величин, удельного веса проб воды (в %) с отклонениями от стандарта по каждому показателю и группам показателей за вышеуказанные периоды. Для этой цели разработать и внедрить единую в стране программу статистической обработки и анализа всех данных мониторинга воды с передачей их в установленном порядке по электронной почте в органы исполнительной государственной власти, местного самоуправления, органы государственного санитарного надзора и другие организации.

3. Предприятиям жилищно-коммунального хозяйства и питьевого водоснабжения обеспечить постоянный контроль количества питьевой воды, подаваемой населению и другим потребителям, в сравнении с установленными нормативами водообеспечения с предоставлением соответствующей информации в установленные сроки в организации, указанные выше.

С целью сокращения нерациональных потерь воды на пути следования для обеспечения своевременного обнаружения и ликвидации порывов магистральных водоводов и разводящей водопроводной сети разработать и внедрить автоматизированные дистанционные системы обнаружения этих аварий с передачей информации на центральный пульт управления.

В качестве индикаторов для контроля утечки воды из санитарно-технических приборов в жилых домах и общественных зданиях применять красители, не допуская их попадания в питьевую воду, используемую населением.

4. О результатах мониторинга качества и количества подаваемой питьевой воды органам местного самоуправления и предприятиям питьевого водоснабжения в обобщенном виде ежемесячно информировать потребителей — население и организации — через средства массовой информации (телевидение, радиовещание и прессу). Кроме того, ежегодно издавать типографским способом для информирования потребителей воды и надзорных органов отчеты о качестве и количестве питьевой воды, поданной за прошедший год. В указанной информации должны также излагаться анализ проблем в состоянии питьевого водоснабжения, планируемые мероприятия по улучшению качества питьевой воды и рекомендации для населения и организаций, потребляющих воду. В подготовке указанной информации должны участвовать специалисты СЭС.

В)Требования к источникам водоснабжения и очистке питьевой воды

1. Повсеместно, но особенно в регионах с экологически неблагополучной обстановкой, при выборе источников питьевого

водоснабжения отдавать предпочтение надежно защищенным от внешнего поверхностного загрязнения межпластовым напорным и безнапорным водам.

2. При организации централизованного питьевого водоснабжения населенных пунктов и отдельных объектов применять современные методы очистки, основанные на мембранных технологиях.

3. В целях предотвращения отрицательного воздействия на организм человека хлора и образующихся при контакте с ним вредных веществ в процессе организации дезинфекции питьевой водопроводной воды, отдавать предпочтение вместо хлорирования обеззараживанию электроионизационным методам, ультрафиолетовым (УФ) облучением, озонированию и другим современным методам, позволяющим обезвреживать не только микробы, но и вирусы.

4. При отсутствии возможности достаточно эффективной очистки и обеззараживания всего объема питьевой воды, централизованно подаваемой в населенный пункт, необходимо предусматривать строительство и ввод в эксплуатацию современных, основанных на применении выше указанных методик, локальных установок по очистке и обеззараживанию питьевой воды на отдельных объектах. Такие установки целесообразно монтировать в первую очередь в лечебно-профилактических учреждениях (особенно родильных домах), санаториях, домах отдыха, детских дошкольных учреждениях, школах, интернатах, пионерских лагерях, в плавательных бассейнах, на промышленных предприятиях и т.д.

При этом с экономической точки зрения целесообразно применять следующую схему: монтаж на общем питьевом водоводе установки по обеззараживанию питьевой воды (УФ облучением или другим методом) и затем на водоводе, подающем воду на пищеблок, — установки по очистке (в том числе опреснению и умягчению) питьевой воды. Это обеспечивает обеззараживание всей подаваемой на объект питьевой воды, а затем очистку до оптимальных химических и органолептических показателей только той части воды, которая предназначена непосредственно для питья или приготовления молочных смесей для детей. При достаточном финансировании можно обеспечить оптимальную очистку и обеззараживание всего объема подаваемой воды.

5. Жителям, пользующимся водопроводной водой, постоянно или периодически не соответствующей установленным нормам, а также водой из децентрализованных подземных источников (колодцы, родники и т.д.), целесообразно воздерживаться от употребления ее для питья в сыром виде — без кипячения или специальной обработки. Рекомендуется такую воду перед употреблением кипятить не менее одной минуты и пить после охлаждения. Воду с повышенным содержанием железа и высокой мутностью (при визуальном осмотре ржавую и мутную) целесообразно кипятить 15-20 минут. Допускать хранение кипяченой воды в плотно закрытой емкости не более 24 часов.

Рекомендовать населению широкое использование эффективных домашних локальных устройств по очистке воды. Важно также осуществлять проверку

эффективности работы установок путем лабораторного исследования показателей питьевой воды до и после очистки и сравнения полученных результатов с нормативами качества воды.

С)Изучение здоровья населения в связи с качеством употребляемой воды и меры реагирования

1. Санитарно-эпидемиологическим станциям осуществлять на соответствующих административных территориях изучение, оценку и прогнозирование состояния здоровья населения в зависимости от качества употребляемой питьевой воды, установление показателей воды, которые оказывают отрицательное воздействие на здоровье жителей и условия их проживания, выполнять подготовку предложений по профилактике заболеваний, передаваемых через воду.
2. На основании глубокого анализа проведенных исследований состояния здоровья детского и взрослого населения разработать и внедрить в каждом городе (районе), области (регионе) и в целом в КР специальный мониторинг «Вода и здоровье» — постоянную систему наблюдения за здоровьем под влиянием качества питьевой воды. В дальнейшем разработать и внедрить систему управления здоровьем (СУЗ), представляющую гармоничное сочетание мониторинга здоровья населения и механизма комплексного реагирования на ухудшение показателей здоровья.

Выше изложенными рекомендациями не ограничивается перечень всех мероприятий в сфере питьевого водоснабжения, которые необходимо осуществить в КР на всех уровнях с целью обеспечения населения доброкачественной питьевой водой, безопасной для здоровья и обладающей благоприятными органолептическими свойствами. Изложены в первую очередь те предложения, которые можно применить в нашей стране в результате анализа опыта организации питьевого водоснабжения в развитых странах и некоторых отечественных перспективных идей.

Учитывая то обстоятельство, что качество употребляемой питьевой воды является значительным фактором, влияющим на организм человека, важно сделать все возможное, чтобы в процессе обеспечения населения питьевой водой гарантировать надежную защиту здоровья детей и взрослых граждан КР в интересах благополучия и процветания нашей страны.

Литература

1.Батмангхелидж Ф. Вода для здоровья. / Минск: Попурри, 2004.

2.Бахир В.М. Теоретические аспекты электрохимической активации. Второй международный симпозиум. Электрохимическая активация. Тез. докладов и краткие сообщения. ч.1. 1999. С.39-49.
3.Зенин С.В. Исследование структуры воды методом протонного магнитного резонанса. // Докл. РАН. 1993. Т.332, №3. С. 328.
4.Зенин С.В., Тяглов Б.В. Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды // Журн. физ. Химии, 1994, Т.68. - №4. – С.636.
5.Зенин С.В., Тяглов Б.В. Природа гидрофобного взаимодействия. Возникновение ориентационных полей в водных растворах. //Журн. физ. Химии, 1994, Т. 68, №3.- С.500.
6.Зенин С.В., Полануер Б.М., Тяглов Б.В. Экспериментальное доказательство фракций воды.// Журн. «Гомеопатическая медицина и акупунктура», 1998. - №2. – С.41.
7.Онищенко Г.Г. Вода и здоровье // Экология и жизнь, 1999, №4.
8.Резников К.М. Вода жизни //Прикладные информационные аспекты медицины. – 2001. – Т.4. - №2. С.3-10.
9.Резников К.М. Добро и зло в зеркале качества здоровья // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2004. –Т.-7. -№1. –С.3-10.
10.Резников К.М. Двухкомпонентная модель процессов восстановления структуры и функции при патологии // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2005. – Т.8 - № 1-2, С. 3-7.
11.Исследования по интенсификации методов очистки сточных вод // Сб. научн. трудов МИСИ. – М., 1987.
12.Сартбаев М.К. Технология получения адсорбентов на основе природных дисперсных минералов и их применение для безотходной очистки сточных вод: Автореф. дис….докт. техн. наук. – Фрунзе, 1988.
13.Баканов К.Т. Технологическая схема очистки высококонцентрированных сточных вод: Информ. листок об НТД 5–89. – Фрунзе: КиргизНИИНТИ, 1989.
14.Методы и сооружения для очистки и доочистки сточных вод и систем водопользования: Межвуз. темат. сб.тр. / Под ред. Б.Г. Мишукова. – Л.: ЛИСИ, 1988. – 131 с.
15.Сартбаев М.К., Баканов К.Т. Безотходное использование стоков и осадков водоочистных устройств в сельском хозяйстве. – Бишкек: КыргызНИИНТИ,1991. – 98 с.
16.Когановский А.М. и др. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский, И.А. Клименко, Т.М. Левченко и др. – М.: Химия, 1983. – 287 с.
17.Когановский А.М. Адсорбция растворенных веществ / А.М. Когановский, Т.М. Левченко, В.А. Киричепнко; АН СССР, Ин-т коллоидной химии и химии воды. – Киев: Наукова думка, 1977. – 223 с.
18.Гвоздев В.Д., Ксенофонтов Б.С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. – М.: Химия, 1988.– 111 с.
19.Яковлев С.В. Технология электрохимической очистки воды. / С.В. Яковлев, И.Г. Краснобородько, В.М. Рогов - Л. Стройиздат, 1987. - 312 с.

20.МУК 4.2.671–97Методы санитарно-бактериологического анализа питьевой воды – М. Изд-во стандартов 1997. -183с.
21. Губачек З. Унифицированные методы исследования качества вод //Методы химического анализа вод/. Часть 1. -М.; Издательский отдел управления делами секретарията СЭВ, 1977. -828 с.
22. «Требование к питьевой воде» (Материалы подготовлены Бутаковой А. О.) Источник: http://www butakoba. Ru/ и // Экология и жизнь, 1999 №4.
23.Дуган А.М., Барыляк И.Р., Прокопов В.А. Альтернативное обеззараживание и мутагенность питьевой воды //Вода и здоровье – 98. Материалы международной научно-практической конференции. - Одесса: Астропринт, 1998. С. 105 - 109.
24.Ташполотов Ы. , Акматов Б.Ж. Ош шаарынын калкына суу т\т\кчълър\ аркылуу берилл\\ч\ сууну электрофизикалык ионизациялоо жолу менен тазалоо .– Ош, Вестник ОшГУ, 2009, №2. С.62 -66.
25.Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.-М.: Мир, 1986. – 412с.
26.Андерсон Б.С. Солнечная энергия (основы строительного проектирования). – М.:Стройиздат, 1982. – 374с.
27.Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208с.
28.Потапов Ю.С., Фоминский Л.П. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиции теории движения. Изд-во «ОКО-Плюс», Кишинев-Черкассы, 2000. – с.160.
29.Цивинский С.В. Патент на изобретение РФ №2162990, от 06.07.2000г, класс 7 F24D 11/00.
30.Глущенко В.Н. Обратные эмульсии и суспензии в нефтегазовой промышленности. М.: «Интерконтакт Наука», -725 с.
31.Пат.№2009113198/15 (017951). Способ получения суспензий // Барзов А.А., Галиновский А.Л., Балашов О.Е. и др. 09.04.2009.
32.Барзов А.А., Галиновский А.Л., Пузаков В.С. Технологии ультраструйных жидкостей и суспензий. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. -50с.
33.Кройт Г.Р. Наука о коллоидах. М.: Изд-во иностр. лит., 1955. Т.1. -538с.
34.Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры. Л.: Химия, 1971.-192с.