

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Боканова Алия Абылгазиевна
ассоциированный профессор, доктор технических наук
Матаев Умирбек Матаевич
доцент, кандидат технических наук
Евразийский технологический университет
г. Алматы, Республика Казахстан
Есенгабылова Нургалипа Жансеркеновна
старший преподаватель,
Казахский национальный аграрный университетг.
Алматы, Республика Казахстан
Курпенов Бахыт Касымович
доцент, Алматинский университет энергетики и связи
г. Алматы, Республика Казахстан

Критическая экологическая ситуация, сложившаяся в республике (практически на 100% территории), требует решения острой проблемы в обеспечении населения доброкачественной питьевой водой, продуктами питания и улучшения воздушной среды. В сельских населенных пунктах более 60% населения используют недоброкачественную питьевую воду (шахтные колодцы, открытые водоемы), последние имеют высокую бактериальную, химическую и органическую загрязненность. По данным исследований НИИ гигиены и профзаболеваний МЗ РК в регионах биогеохимических провинций в основных объектах окружающей среды (вода, воздух, пищевые продукты) содержание тяжелых металлов превышает ПДК в 2 – 3 раза, в биосубстратах человека отмечается превышение их физиологических норм.

Это привело к тому, что более 60% населения Акмолинской, Петропавловской, Кзыл–Ординской, Атырауской, Актауской, Актюбинской областей имеют заболевания желудочно–кишечного тракта, сердечно–сосудистой системы.

Наиболее распространенным способом обеззараживания питьевых и сточных вод является хлорирование и, в гораздо меньшей степени, ультрафиолетовое облучение, радиационная обработка и озонирование. Однако хлорирование, ультрафиолетовая и радиационная обработка воды имеют ряд известных недостатков. Так, при взаимодействии хлора с водой, загрязненной органикой, образуется значительное количество хлоросодержащих углеводородов, обладающих канцерогенной активностью.

Настойчивые исследования американских ученых за последние годы позволили определить, что раковые опухоли кишечника, мочевого пузыря вызываются хлором. Кроме того, окисление хлором металла трубопроводов увеличивает мутность воды. Некоторые авторы указывают на ряд преимуществ применения озона для обеззараживания вод по сравнению с хлором. Озонирование сточных вод позволяет удалить ПАВ, органические растворители и красители, фенолы и нефтепродукты, цианиды и сульфиды, ионы тяжелых металлов и другие химические соединения. Озонирование питьевой воды одновременно с обеззараживанием улучшает вкусовые качества, устраняет неприятный запах и цвет воды [1, с.3].

Озон отличает большое разнообразие реакций, в которые он вступает, и легкость, с которой они протекают. Озон, как мощный окислитель, способен интенсифицировать многие химико – технологические процессы. Общеизвестна озонная технология глубокой очистки промышленных газовых тепловых станций, что защищает воздушный бассейн от загрязняющих его окислов азота и серы. Из этого следует, что озон является единственным широкодоступным и экологически чистым окислителем, не имеющим конкурентов.

Жидкие отходы не только загрязняют природные водные ресурсы токсичными ионами металлов (медью, цинком, свинцом, мышьяком, кадмием и др.), но и могут являться дополнительным источником их получения.

Материал и геометрические параметры электродов влияют на размер пузырьков газа. Замена пластинчатых электродов на проволочную сетку приводит к уменьшению крупности пузырьков и, следовательно, к повышению эффективности очистки воды [2 с.75].

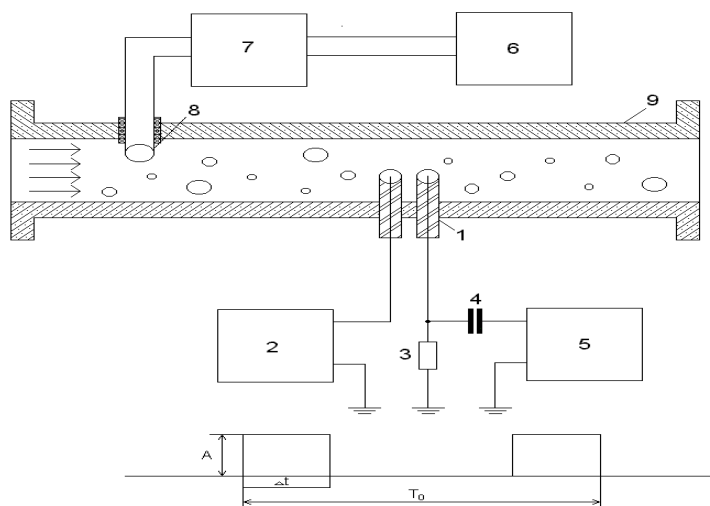
Озон обладает высокой окислительной способностью и при нормальной температуре разрушает многие органические вещества, находящиеся в воде. При этом процессе возможно одновременное окисление примесей, обесцвечивание, дезодорация, обеззараживание сточной воды и насыщение ее кислородом. Преимуществом этого метода является отсутствие химических реагентов при очистке сточных вод. Растворимость озона в воде зависит от pH и количества примесей в воде. При наличии в воде кислот и солей растворимость озона увеличивается, а при наличии щелочей - уменьшается. Озон самопроизвольно диссоциирует на воздухе и в водном растворе, превращаясь в кислород. В водном растворе озон диссоциирует быстрее. С ростом температуры и pH скорость распада озона резко возрастает. Озон можно получить разными методами, но наиболее экономичным является пропускание воздуха или кислорода через электрический разряд высокого напряжения (5000-25000 В) в генераторе озона (озонаторе), который состоит из двух электродов, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга [3, с.3].

Смешение очищаемой воды с озонированным воздухом может осуществляться различными способами: барботированием воды через фильтры, дырчатые (пористые) трубы, смешением с помощью эжекторов, мешалок и т.д.

Чтобы увеличить время контактирования озона с очищаемой сточной водой и облегчить условия его растворения, озонирование следует проводить в две ступени. Озон при транспортировке к месту ввода имеет тенденцию к разложению, в связи с чем коммуникации озono-воздушной смеси должны быть максимально короткими. Наиболее подходящим материалом трубопроводов для озono-воздушной смеси является стекло. Оптимальное время транспортировки по стеклянному трубопроводу 6-8 мин, по трубопроводу из нержавеющей стали 4-6 мин [2, с.75; 4, с.34].

Предлагалось устройство, обеспечивающее ведение процессов очистки и обеззараживания водной среды озонem в оптимальном режиме, то есть в этом случае процессы образования озона и взаимодействия его с обрабатываемой средой объединены и протекают одновременно в рабочей зоне водоструйного насоса. При этом эффективность применения озона существенно повышается из-за отсутствия действия по доставке и транспортировке озона к рабочему месту [5, с.78]. Перед подачей сточной воды на озонаторную установку ее очищают от эмульгированных масел и нефтепродуктов.

Разработка методов контроля для определения количества пузырьков газа и степени их насыщенности в нефтесодержащих жидкостях имеет большое значение для выбора оптимального режима взаимодействия озона с обрабатываемой жидкостью и в целом, ведет к повышению эффективности технологического процесса при обработке озонem нефтесодержащих сточных вод. На рисунке 1 представлена функциональная схема устройства для контроля пузырьков газа в потоке нефтесодержащей жидкости, протекающей в трубопроводе [2 с.75; 5, с.226].



а) Схема расположения электролизного датчика в трубопроводе

б) Диаграмма импульсов электролизного тока на нагрузке. А-амплитуда импульсов; Δt- длительность; T₀- период импульсов.

Рисунок 1 – Функциональная схема устройства для контроля пузырьков газа в трубопроводе

Устройство содержит электролизный датчик 1, состоящий из двух электродов, источника питания с регулируемым напряжением на выходе 2, нагрузочный резистор 3, разделительную емкость для снятия импульсных сигналов 4 и измеритель частоты и коэффициента заполнения импульсов 5. Атмосферный воздух с помощью компрессора 6 продувается через озонатор 7 и при прохождении его через диспергатор 8 образует пузырьки озонированного воздуха в жидкости в трубопроводе 9. Кроме того, на рисунке приведена диаграмма импульсов электролизного тока на нагрузке 3.

При подаче достаточного потенциала между электродами в электропроводящей жидкости (нефтесодержащие сточные воды) создаются условия для возникновения постоянного электролизного тока между электродами, который не оказывает влияние на показания измерительных приборов на выходе. При подходе пузырька газа к электродам, и протыкании одного из них наблюдается резкое прекращение электролизного тока, приводящее к появлению импульсов тока на нагрузочном резисторе с амплитудой А. При этом длительности импульсов тока (Δt) определяются «временем нахождения», пузырьков газа на том или на другом измерительном электроде, причем это «время нахождения» пузырьков газа, в свою очередь, зависит от размеров пузырьков и скорости продвижения их в потоке. Для определения количества

пузырьков газа за единицу времени, протекающих через заданную (локальную) область жидкости, где расположены измерительные электроды, измеряют частоту импульсов тока на нагрузочном резисторе. Следует отметить, что влияние на точность измерения размеров пузырьков газа и изменения скорости их продвижения в потоке минимально, так как появление пузырьков газа в области расположения электродов фиксируется только началом фронта прекращения электролизного тока между электродами [2, с.75].

К другой количественной характеристике пузырьков газа в жидкости относится степень насыщенности (газосодержание) потока пузырьками газа, которая определяется через измерение коэффициента заполнения импульсов электролизного тока, что равносильно определению отношения длительности импульсов (Δt) к интервалу T_0 (периоду) повторения их в долях единицы. Так как длительности импульсов и их повторение в одинаковой степени определяются скоростью жидкости в потоке, то при измерении их отношений влияние скорости движения пузырьков газа взаимно исключается.

Следует отметить, что предложенный авторами, импульсный метод является достаточно универсальным: изменения состава жидкости или их скорости потока не влияют на конечный результат, выбор значения начального электролизного тока также не существен, во всех случаях тарировка измерительного датчика не требуется. Между тем, необходимым критерием условия работы способа является существование различия электропроводностей жидкости в потоке и газа или воздуха в пузырьке. Определение количества пузырьков газа и степени их насыщенности в различных направлениях и сечениях потока обеспечивается применением серии парных электродов, что в целом решает вопросы непрерывного контроля и автоматизации процессов измерения. Опытные испытания устройства показали, что размеры всплывающих пузырьков колеблются от 0,2 до 0,6 см и протыкания их острий игл измерительных электродов также происходят неравномерно. Между тем, счет импульсов тока, то есть количество пузырьков воздуха, производится достаточно устойчиво, причем влияния на результаты измерения качества пузырьков воздуха и неравномерности их прохождения через измерительные электроды незначительны. Для пузырьков воздуха, всплывающих в воде, с размерами от 0,2 до 0,6 см получены соответственно длительности импульсов тока от 0,63 до 0,109 (мс). Полученные длительности импульсов соответствуют расчетным значениям по известным формулам для всплывающих пузырьков. Из гидродинамики известно, что всплывающие пузырьки воздуха и пузырьки в ламинарном потоке жидкости не отличаются друг от друга, не считая их скоростей движения. Ввиду того, что используется импульсный метод регистрации, то устройство для осуществления данного способа для случая высоких скоростей продвижения пузырьков газа в потоке может быть обеспечено аппаратурой более высокой чувствительности и быстродействия.

Полагая, что всплывающий пузырек сохраняет сферическую форму, запишем выталкивающую его архимедову силу F_a , которая обусловлена различием плотностей жидкости ρ_1 и газа в пузырьке ρ_2 . Она определяется известной формулой:

$$F_0 = \frac{4}{3}\pi R^3(\rho_1 - \rho_2)g \approx \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_1 g,$$

где R - радиус пузырька, g - ускорение свободного падения, также учтено $\rho_2 \ll \rho_1$. При этом скорость всплывания пузырька должна зависеть от того, как движется жидкость и от ее физических свойств, и в первую очередь от ее вязкости η .

Исследуя свойства пузырьков газа в жидкости, авторы задались целью получения озона в пузырьке.

Многолетние исследования привели к разработке устройства для получения озона в пузырьке газа в жидкости, в котором металлическая игла, служащая в качестве коронирующего электрода, расположена в центре отверстия в направлении поступающего воздуха, а ее оголенный кончик находится на уровне образования пузырька газа, причем оно содержит генератор высоковольтных импульсов со схемой запуска [6].

В разработанном устройстве, газовые пузырьки образуются при продувке атмосферного воздуха через отверстие, расположенного на дне емкости с обрабатываемой жидкостью. При этом создаются такие условия, когда наиболее вероятно образование одинаковых по размерам пузырьков газа в жидкости. Если в случае не образования, роста и отрыва пузырьков газа с твердой поверхности, например, при электролизе, действуют различные силы (силы прилипания, архимедова сила и др.), то в нашем случае, размеры пузырьков газа и их частота появления будут зависеть в основном от значения диаметра отверстия и величины избыточного давления продуваемого воздуха. При подаче воздуха через отверстие образующийся газовый пузырек соединен с верхней кромкой отверстия шейкой. Максимальный размер пузырька определяется условием равновесия подъемной силы и силы поверхностного натяжения. Считая пузырёк сферическим, получаем

$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_{ж} - \rho_{г}) = 2\pi r_0 \sigma, \quad (1)$$

где r – радиус сферического пузырька (м); g – ускорение свободного падения (10 м/с^2); $\rho_{ж}$ – плотность жидкости (воды 10^3 кг/м^3); $\rho_{г}$ – плотность газа (воздуха 1.29 кг/м^3); r_0 – радиус отверстия (м); σ – поверхностное натяжение (воды $73.26 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}$).

Отсюда

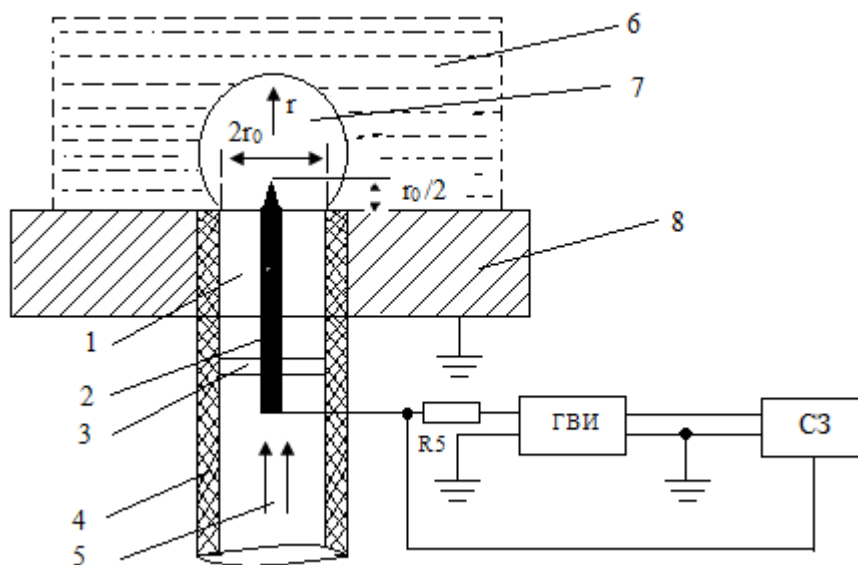
$$r = \sqrt[3]{\frac{3\sigma r_0}{2g(\rho_{ж}-\rho_{г})}}. \quad (2)$$

С опытными данными лучше согласуется следующее выражение, отличающееся от (2) лишь числовым коэффициентом

$$r = \sqrt[3]{\frac{\sigma r_0}{g\rho_{ж}}} \quad (3)$$

в записанной формуле учтено, что $\rho_{г} \ll \rho_{ж}$.

Следует отметить, что выражение (3) не учитывает инерционных сил, обусловленных динамическим воздействием потока газа, вытекающего из отверстия, т.е. оно справедливо при малой скорости образования пузырьков [7, 486]. На рисунке 2 представлена функциональная схема устройства, которое обеспечивает получение озона в пузырьке газа в электропроводящих жидкостях. Устройство содержит следующее: 1 – отверстие, расположенное



1 – отверстие, расположенное на дне емкости с обрабатываемой жидкостью, 2 – коронирующий электрод в виде металлической иглы с оголенным кончиком, 3 – крепление электрода, 4 – трубка с изоляционного материала для продувки атмосферного воздуха 5; 6 – обрабатываемая жидкость, 7 – форма пузырька газа; 8 – дно емкости; ГВИ – генератор высоковольтных импульсов, СЗ – схема запуска, r – радиус пузырька газа, r_0 – радиус отверстия, $r_0/2$ – расстояние кончика электрода до отверстия, R_5 – балластное сопротивление.

Рисунок 2 – Функциональная схема устройства

Расчетные значения зависимости r от r_0 по формуле (3) показаны на рисунке 3.

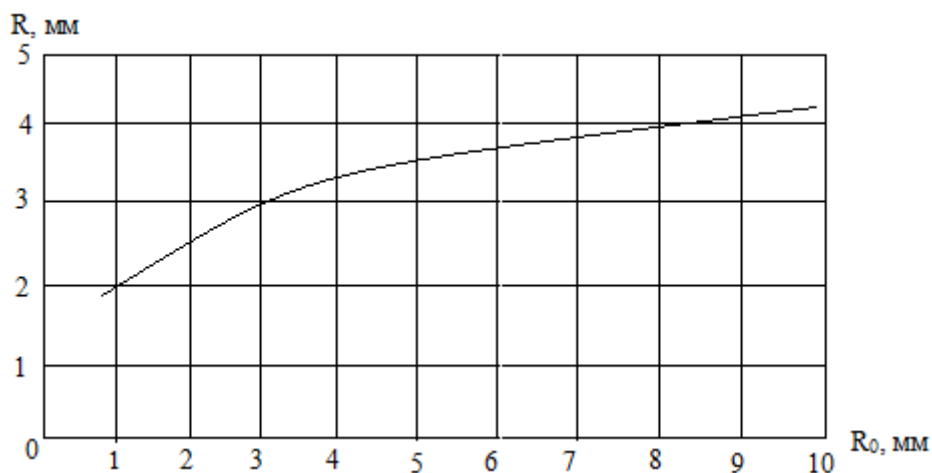


Рисунок 3

Как видно из графика на рисунке 3 корректность формулы (3) сохраняется до $R = 3$ мм, т.е. образованные газовые пузырьки имеют большие диаметры чем само отверстие. Дальше, вплоть до 10 мм, пузырьки имеют меньшие диаметры чем отверстие, что не соответствует действительности. Это связано с тем, что при выводе формулы (3) форму пузырька было принято считать сферической. Опытные данные подтверждают сферичность формы образованных пузырьков газа только до диаметра 3 мм [6].

Список литературы

Авторефераты

1. Боканова А.А. Разработка способов и устройств для озонной очистки и обеззараживания воды: Автореф. дис. канд. техн. наук. — Алматы, 2001. — 24 с.

Диссертации

2. Боканова А.А. Создание теоретических и технологических основ озонной технологии для очистки и обеззараживания воды: дис. ... докт. техн. наук.— Алматы, 2010. — С.75-80.

Материалы конференций

3. Боканова А.А. , Нурпеисова К.М. Повышение эффективности очистки питьевых и сточных вод озонированием.//Тр. 1 Межд.научной конф. –Днепропетровск, 2006. –С.3-7.

4. Боканова А.А. Устройство для озонной обработки воды.//Тр. Межд.научной конф. «Научный потенциал мира -2007». –Прага: Education and Science, 2007. –С.34-39.

Монографии:

5. Бахтаев Ш.А., Боканова А.А. , Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К. Физика и техника коронноразрядных приборов. –Алматы, 2007. – 287с.

Патенты:

6. Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Абдрешова С.Б., Сейгимбетов А.М., Кузьмин Ю.В.//Патент на полезную модель РК №3704. Устройство для получения озона в пузырьке газа в электропроводящей жидкости. 2019. Бюл. №9

СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛОВ ИЛИ СБОРНИКОВ:

7. N.K.Kozhaspaev, A.A. Bokanova, U.Makanov, A.A.Abdykadyrov, R.Dagarbek, A.K.Kodzhabergenova. Experience in application of ozonic technology for sewage treatment in the Kumkul region of Kazakhstan. //Jr. of Industrial Pollution Control. –Scopus. -2016. – P.486-489.