

УДК 662.74:628.543

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА МИКРОДУГОВОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВВОДЕ МОЩНОСТИ

Д.Г. Трегубов

Работа посвящена вопросам защиты водного бассейна. Исследован процесс микродуговой очистки сточных вод коксохимического производства на модельных и реальных растворах при воздействии переменного и импульсного напряжений. Предложены и исследованы способы интенсификации микродугового розряда. Получены технологические характеристики и условия эффективного режима обработки. Показана возможность глубокой очистки сточных вод от органических соединений и роданидов.

Возможности современных технологий, направленных на защиту окружающей среды, не всегда обеспечивают очистку производственных стоков до уровня, соответствующего возросшим экологическим нормам. Это вызывает необходимость в доочистке воды, что чаще всего осуществляется на биохимических установках. Однако и метод биохимической очистки имеет ряд недостатков технологического и эксплуатационного характера. В частности, степень снижения ХПК не превышает 90 % и определяется наличием остаточных смол, фенолов, роданидов и других высокотоксичных соединений. Поэтому сохраняется актуальность поиска путей совершенствования действующих и разработки новых методов эффективной очистки и обеззараживания сточных вод.

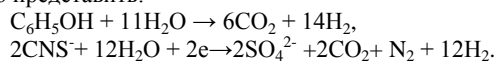
Из различных видов сточных вод – бытовых, атмосферных и производственных – последние наиболее загрязнены и различаются по составу вредных веществ, губительно влияющих на окружающую среду. С этой точки зрения, стоки коксохимического производства выделяются даже среди промышленных вод, поскольку содержат различные трудноудаляемые компоненты. Наличие поверхностно-активных веществ делает коксохимический сток стойкой эмульсионной системой. Очистка такого стока требует воздействия жесткими физико-химическими методами. К числу последних относятся электрохимические методы и, в частности, способ электроразрядной обработки водных сред [1].

В настоящем исследовании применен объемный микродуговой разряд, отличающийся большей технологичностью по сравнению с дуговым разрядом. Теоретическое обоснование возможностей метода по разрушению токсичных примесей сточных вод выявило ряд химических и физических факторов интенсификации процессов очистки при воздействии микродуг. Эффективные процессы окисления протекают по механизмам плазмохимических, электрохимических, термоокислительных и фотохимических реакций в условиях воздействия кислорода и активным хлором.

Перечисленные факторы воздействия на обрабатываемый сток возникают при прохождении электрического тока в засыпи электропроводного материала. В точках контакта частиц засыпи возникают многочисленные плазменные каналы – своего рода микрореакторы с высоким давлением – десятки МПа и температурой более 5000 °С [2].

При этом достигается равномерный подвод большой мощности, что определяет перспективность технологии для создания реакторов промышленного типа.

Активный разряд приводит к разрушению химических соединений, образованию активных окислителей и молекулярных осколков, которые затем вступают во вторичные реакции с образованием нетоксичных соединений, вплоть до двуокиси углерода, сульфат-иона, азота и воды. Одним из основных источников активных элементов является вода, которая разлагается в зоне разряда до атомарного кислорода и водорода. Процесс окисления фенолов и роданидов в среде микродуговых розрядов в общем виде можно представить:



Исследования процесса микродуговой очистки модельных растворов и фенольного коксохимического на переменном напряжении промышленной частоты подтвердили возможность их глубокой очистки [3]. Наилучшие результаты очистки получены в аппаратах с вибромеханической и гидропульсационной системами активизации микродугового разряда. Установлено, что удаление фенолов и роданидов протекает более интенсивно при обработке растворов. Так, степень удаления фенолов и роданидов из раствора составила, соответственно, 80 и 98 %, а при обработке фенольного стока – до 53 и 56 %.

Характеризуя результаты микродуговой очистки воды при напряжении промышленной частоты, можно отметить высокий расход электроэнергии, недостаточную интенсивность процесса очистки и нарушение режима обработки воды из-за ее нагревания вплоть до температур кипения.

Для оценки путей интенсификации микродугового разряда проведено теоретико-экспериментальное исследование. Возможность управления интенсивностью химических реакций, энергоемкостью образования и эффективностью разряда определяется условиями и образом его организации. Соотношению электрических сопротивлений в системе подвижный электрод – микродуга – сточная вода определяет величину полезной мощности. По результатам моделирования микроразрядов теоретически обоснованы преимущества импульсного режима питания реактора. Для оценки условий более эффективного использования мощности, подведенной в плазму микродуг, было выполнено

электрическое моделирование формирования микродугового разряда, результаты которого позволили теоретически обосновать преимущества импульсного режима электропитания реактора. Такой способ ввода мощности позволяет повысить напряжение при той же величине энергопотребления. При увеличении напряжения на единичной микродуге возрастает ее энергоемкость, быстрее происходит пробой переходного контакта и повышается кид используемой мощности, рис. 1.

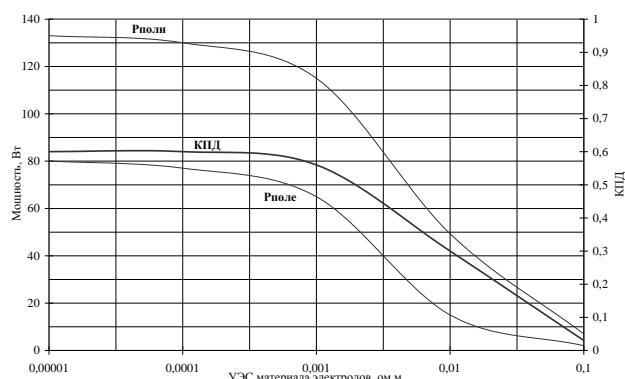


Рисунок 1. Расчетная эффективность ввода мощности при организации микродугового разряда

$$КПД = P_{\text{поле}} / P_{\text{полн}};$$

$$P_{\text{поле}} = k P_{\text{мд}};$$

$$K = 1 - 2 U_{\text{пр}} / U \tau_{\text{пр}} / \tau$$

где $P_{\text{поле}}$, $P_{\text{полн}}$ – соответственно, полезная и полная мощность; $P_{\text{мд}}$ – мощность расходуемая на формирование микродугового разряда; k – коэффициент запаздывания начала микродугового процесса; $U_{\text{пр}}$ – напряжение пробоя переходного контакта; τ – длительность воздействия напряжения; $\tau_{\text{пр}}$ – длительность низковольтной части импульса до образования микродуги.

При этом гарантируется пробой всех переходных контактов между электродами без внешнего инициирования разряда, что повышает интенсивность массообменных процессов в реакторе.

Комплекс исследований, выполненных на стендовой установке с использованием разных источников питания, подтвердил правильность выдвинутых теоретических положений. Так, удельная электрическая мощность образования разряда в импульсном режиме снижается в 8-10 раз по сравнению с использованием источников переменного и постоянного тока, что подтверждают результаты импульсной микродуговой очистки растворов [4].

Исследование процесса очистки воды в импульсном режиме проведено на блоке питания, формирующий импульсы с заданной длительностью, частотой следования и амплитудой.

Установлено, что увеличение напряжения источника питания на 25 %, при той же частоте следования импульсов, приводит к повышению глубины очистки более чем в два раза. Аналогичный эффект наблюдается при увеличении частоты следования импульсов. Достигнута практически полное удаление органических соединений и более 90 % роданидов.

Эффективность очистки сточных вод зависит не только от технологических и электрических характеристик системы, но и свойств электродов, обрабатываемой воды и геометрии рабочей ячейки реактора.

Установлено, что эффективная генерация микродуг становится возможной при удельном сопротивлении (УЭС) микродугового слоя 0,2 Ом м. Однако использование более электропроводных коксов с УЭС засыпи 0,06 Ом м позволяет повысить степень роданидов до 97 % и сократить потери мощности на нагрев воды до 7 % [5].

Для организации процесса очистки сточных вод в коксохимическом производстве в качестве объемного

электрода перспективно применение кокса мелких фракций (< 10мм).

Проведено исследование процесса импульсной очистки в зависимости от расстояния между токоподводящими электродами и длительности пребывания загрязняющих веществ в реакционной зоне. Определены технологические параметры микродуговой очистки, обеспечивающие высокую интенсивность удаления роданидов.

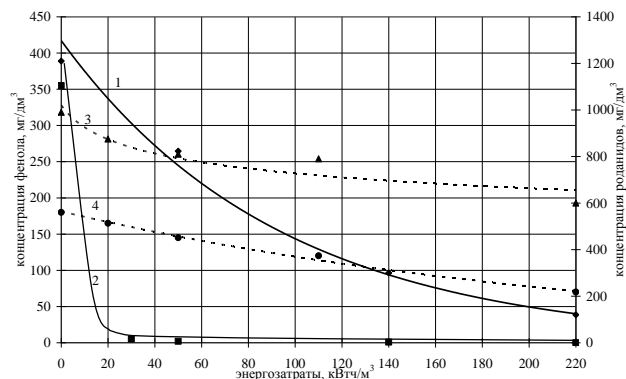


Рисунок 2. Эффективность микродуговой очистки от фенолов (2,4) и роданидов (1,3) в режиме импульсного подвода мощности (1,2) и на переменном напряжении (3,4)

Характеризуя импульсный режим микродуговой очистки воды, можно отметить, что в сравнении с использованием сетевого напряжения, достигается более глубокая степень очищения воды от фенолов и роданидов (рис.2), а общий расход энергии снижается более чем в 15 раз. Хроматографический анализ показывает, что очищенная вода свободна не только от фенолов, но и от большого ряда органических соединений, входящих в состав стока, в том числе - нафталина, гомологов нафталина, аценафтена, дифениленоксида, флуорена и др. После отстоя вода прозрачна и полностью лишена запахов коксохимических продуктов.

Выводы.

1. Микродуговая очистка сточной воды с использованием переменного напряжения промышленной частоты сопровождается ее очисткой от органических соединений и роданидов, однако характеризуется высоким уровнем энергозатрат.
2. Импульсный ввод электрической мощности позволяет интенсифицировать окислительные процессы, повысить глубину очистки воды, а также снизить расход электроэнергии в 8 – 10 раз в сравнении с результатами обработки воды на переменном напряжении промышленной частоты.
3. Импульсная микродуговая очистка обеспечивает удаление всех органических соединений, загрязняющих коксохимический сток, в том числе тех, которые не поддаются биоразрушению.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трегубов Д.Г. Состояние и перспективы развития технологий очистки сточных вод коксохимической промышленности (обзор) // Углекислотный журнал. – 1999. - № 3 – 4. С. 55 – 61.
2. Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрические разряды в воде. – М.: Наука. – 1971. – 155 с.
3. Слободской С.А., Трегубов Д.Г. Микродуговая очистка сточных вод // Кокс и химия. - 1997. - № 6. - С. 30 - 32.
4. Трегубов Д.Г., Слободской С.А. Исследование электрических характеристик микродугового разряда в процессе очистки сточных вод // Кокс и химия. – 1997. - № 9. – С. 32 – 34.
5. Трегубов Д.Г. Влияние качества кокса на процесс микродуговой очистки сточных вод // Углекислотный журнал. – 1999. - № 1 – 2. – С. 51 – 54.