

через корневую систему, так и поглощение его через листовую поверхность вегетирующего растения, что характерно для регионов с существенной техногенной нагрузкой. Продуктивность сельскохозяйственных культур при внесении ОСВ увеличилась. Так, отмечено увеличение урожайности ячменя на 3,2 ц/га (18,3%), подсолнечника на 2 ц/га (14,7%), урожайность кормовых культур увеличилась в среднем на 25-43% в условиях 2003 г.

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах

Культура	Содержание ТМ, мг/кг сухой массы							
	Cu		Zn		Cd		Pb	
	без ОСВ	с ОСВ	без ОСВ	с ОСВ	без ОСВ	с ОСВ	без ОСВ	с ОСВ
Суданская трава (надземная часть)	2,9	3,8	40	49	0,20	0,25	1,5	2,0
Люцерна (надземная часть)	3,7	5,4	50	57	0,30	0,34	2,0	2,6
Кукуруза (зерно)	2,9	5,2	41	51	0,10	0,13	1,4	1,8
Ячмень (зерно)	5,6	7,8	26,3	32,9	0,04	0,07	0,79	0,85
Подсолнечник	1,0	2,9	31,2	43,7	0,08	0,15	0,50	0,80

Таким образом, на основе аналитических данных и концептуальных моделей переноса ТМ в агросферу при использовании ОСВ в агросфере можно прогнозировать как регионы и очистные сооружения, где могут быть использованы ОСВ для увеличения продуктивности агроценозов и получения нормативно чистой продукции.

1.Перепелиця А.П. Властивості та екологічний вплив хімічних елементів. Довідник. – К.: Вентурі, 1997. – 191 с.

2.Сало Т.Л., Дишлюк В.С., Чернокозинський А.В. Агроекологічні та технологічні аспекти застосування в сільському господарстві опадів стічних вод міських очисних споруд // Агроекологічний журнал. – 2001. – № 2. – С.38-43.

3.Швіндлерман С.П., Зацепіна Д.Я. Фітооптимізація техногенних ландшафтів. – Донецьк: Донецький держ. ун-т, 1999. – 219 с.

Получено 27.03.2005

УДК 628.349.08

А.Н.ГЛУПАК, канд. техн. наук, А.А.ПУГАЧЕВА
Харьковская национальная академия городского хозяйства

СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗМА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Предлагается способ очистки сточных вод, содержащих вещества, способные к полимеризации. Рассмотрена принципиальная схема полимеризационных процессов,

происходящих при электроимпульсной обработке воды. Приведены результаты экспериментальных исследований по очистке промышленных сточных вод.

Непрерывное развитие отраслей промышленности обуславливает возрастающее значение разработки эффективных и универсальных методов очистки и обезвреживания промышленных сточных вод. В первую очередь это связано с созданием замкнутых водооборотных циклов.

Для очистки сточных вод могут применяться различные физико-химические методы: ионный обмен, обратный осмос, адсорбция, флотация, а также биологические методы разрушения загрязнений. Однако, внедрение указанных методов кроме значительных капитальных затрат требует зачастую больших производственных площадей.

Одновременно с поиском новых эффективных способов обработки сточных вод в настоящее время все большее внимание исследователей уделяется интенсификации технологических процессов [1]. Наиболее изученными способами активирования технологических процессов являются наложение электрических и электромагнитных полей, воздействие ультразвуком. Кроме этого, интенсификация технологических процессов очистки сточных вод может быть достигнута путем повышения химической активности продуктов, находящихся в растворе.

Как известно, повышенную химическую активность, проявляющуюся в легкости ее взаимодействия с насыщенными молекулами, имеют частицы (атомы и радикалы), обладающие одним или несколькими непарными электронами (некомпенсированными магнитными моментами).

Образование свободных радикалов всегда сопряжено с затратой энергии. Согласно квантовой механике необходимость активации обусловлена наличием некоторого энергетического потенциального барьера, преодоление которого (благодаря энергии активации) является условием перехода реагирующих частиц в продукты реакции. Поэтому для получения радикалов необходим подвод энергии к данному веществу, который, как правило, осуществляется путем нагрева, облучения светом, использования проникающего излучения или электрического разряда.

В настоящее время наиболее исследованы процессы радиационной обработки [1]. Однако эти методы не обладают достаточной надежностью, имеют конструктивные проблемы, характеризуются низкой производительностью. Использовать перечисленные выше способы для интенсификации обработки сточных вод на практике не представляется возможным.

Одной из современных тенденций развития техники является создание процессов с высокими энергетическими параметрами (концентрацией энергии, высокими температурами и давлением). Этим требованиям отвечают электроразрядные способы, в которых в качестве рабочего инструмента используется низкотемпературная плазма. В наибольшей степени этот подход относится к электроимпульсной обработке сточных вод, которая, как показали ранее проведенные исследования [2-4], оказывает на систему комплексное воздействие и позволяет очищать различные категории сточных вод.

Целью данной работы является разработка электроимпульсного способа очистки сточных вод, содержащих вещества, способные к полимеризации.

Сущность разрабатываемого способа очистки заключается в гетерофазном удалении загрязнений через образование дисперсных осадков полимера, формирующихся под действием импульсных электрических разрядов в системах, содержащих вещества, способные к полимеризации.

Основным направлением в разработке технологического процесса является исследование возможности включения в нерастворимые осадки полимера загрязняющих ингредиентов при воздействии импульсных электрических разрядов на стоки с добавками посторонних мономеров или без них.

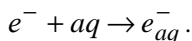
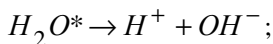
Эксперименты проводили на модельных растворах, которые готовили по стандартным методикам приготовления растворов для аналитических работ, а также на реальных производственных сточных водах. Анализ растворов на содержание в них примесей осуществляли в соответствии со стандартными методиками [5]. За очисткой следили по изменению рН, ХПК, цветности и содержания ненасыщенных соединений. Определение ХПК осуществляли ускоренным методом, оптическую плотность раствора измеряли с помощью фотоэлектрического колориметра ФЭК-56. Перед измерением некоторые пробы разбавляли. Количество образовавшегося при облучении осадка устанавливали весовым методом после высушивания при комнатной температуре.

Сущность электроимпульсного метода заключается в обработке сильноточными электрическими импульсами гетерогенной системы, образованной гранулированным электропроводным слоем и заполняющей его зазоры очищаемой водой. Электрический разряд – сложный комплекс ряда явлений: ионизации и разложения молекул вещества в плазме канала и возле него; светового излучения канала разряда; ударных волн; кавитационных процессов; пульсации парогазового пу-

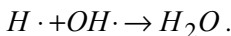
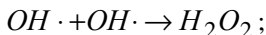
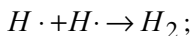
зыря и др.

Концентрирование энергии в плазме разрядов (температура внутри каналов разряда составляет до $(1-3) \cdot 10^4$ К), на фронте ударных волн и в кавитационных пузырьках (давление до 10^5-10^8 Па, температура до 10^3-10^4 К), воздействие ультрафиолетового излучения создают в жидкости условия, характерные для ультразвуковой и радиационной обработки [6]. Часть молекул в таких условиях подвергается деструкции.

Согласно современным представлениям [7] первоначально молекулы воды распадаются до радикалов $H\cdot$ и $OH\cdot$, образуются возбужденные молекулы H_2O^* и ионизированные частицы (H_2O^+ , e^- , H^+ , OH^- и др.). После этого наиболее вероятны следующие элементарные превращения:



Высокая локальная концентрация полученных радикалов приводит к их частичной рекомбинации. При этом образуются молекулярные продукты (H_2 и H_2O_2), а также происходит регенерация молекул воды

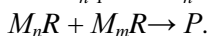
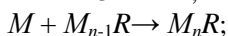
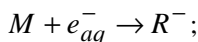
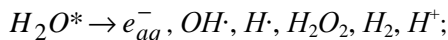


Таким образом, в раствор переходят радикалы $H\cdot$ и $OH\cdot$, ионы и электроны малой энергии, продукты их взаимодействия, возбужденные молекулы. Специфика деструкции молекул воды в том, что одновременно генерируются частицы с противоположными свойствами: окислительные (радикалы $OH\cdot$, перекись водорода) и восстановительные (гидратированные электроны, радикалы $H\cdot$).

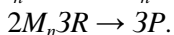
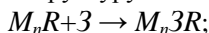
Радикалы, обладая неспаренными электронами (нескомпенсированными магнитными моментами), имеют повышенную химическую активность, проявляющуюся в легкости взаимодействия с ненасыщенными молекулами. Кроме высокой реакционной способности, их значимость заключается в том, что при взаимодействии радикалов с ненасыщенными молекулами наблюдается сохранение валентностей, в результате чего образуются новые радикалы, способные продолжить реакцию.

Особенностью разрабатываемого способа является то, что на жидкость оказывается воздействие как на стадии реализации импульсных разрядов, так и при коагулировании. В связи с этим, вероятным представляется, что механизм электроимпульсной очистки промышленных сточных вод заключается в непосредственной обработке воды электрическими разрядами на первом этапе и удалении загрязнений с помощью продуктов, полученных в ходе электроэрозионных и полимеризационных процессов на втором этапе.

Принципиальную схему полимеризационных процессов можно представить следующим образом:



Здесь R – радикалы, возникающие в результате инициирования полимеризации радикалами воды; M – мономер; M_nR – радикал растущего полимера; P – полимерная молекула. Непосредственное включение загрязнения (Z) в полимерную структуру можно описать реакциями:



Формирующиеся из высокодисперсного металла частицы коагулянта по своим размерам значительно превышают коллоидные частицы загрязнений. По этой причине они представляют собой готовые центры коагуляции, на которых происходит быстрое образование хлопьев [8].

Таким образом, при электроимпульсной обработке сточных вод, содержащих мономер, загрязняющие вещества из раствора будут захватываться как нерастворимым осадком полимера, так и формирующимися коагуляционными структурами.

Установление закономерностей полимеризации, возникающей под действием импульсных электрических разрядов, вызвало необходимость изучения полимеризации в разбавленных водных растворах мономеров. В ходе исследований было обнаружено влияние pH растворов, температуры, энергетических параметров источника питания, исходной концентрации и природы мономера на степень полимеризации.

В работе [1] был описан опыт использования цепной полимеризации

ции, протекающей под действием ионизирующего излучения, для очистки сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности. Однако необходимость введения в сточные воды мономера усложняет обработку стока, к тому же мономеры не всегда являются дешевыми продуктами (общая стоимость очистки значительно возрастает из-за стоимости мономера). Между тем ряд сточных вод химической промышленности содержит различные мономеры или полупродукты их производства.

Таким образом, более перспективным направлением является применение электроимпульсного метода для очистки сточных вод, содержащих в своем составе вещества, способные полимеризоваться под действием импульсных электрических разрядов. В этом случае радиационная полимеризация протекает без дополнительного введения мономера, а стоимость очистки определяется только стоимостью электроимпульсной обработки.

Возможность применения электроимпульсно-полимеризационного метода для очистки сточных вод была проверена на стоках производств полиэфиров, содержащих исходные мономеры и не полностью полимеризованные продукты. Сточные воды производства полиэфиров имели ХПК 100-150 гО₂/л, рН=5,5. Была поставлена задача выяснить, какие процессы протекают при электроимпульсной обработке таких растворов, и на основе этого найти оптимальные условия для очистки сточных вод.

Электроимпульсная обработка при рН=5,5 приводит к быстрому установлению стационарного состояния и не дает большой степени очистки. При этом не наблюдается образования осадка полимера. Причиной этого, вероятно, является электрический заряд частиц образованного полимера, приводящий к сольватации их поверхности и снижению свободной энергии, в результате чего коллоидная система становится более устойчивой.

Снижение исходного рН до 4,2 изменяет характер процесса. В этом случае снижение ХПК достигает 80-90% и образуется осадок полимера. Дальнейшее снижение рН не влияет на интенсивность очистки.

Исследования, проведенные со сточными водами производства полиэфиров, показали, что наличие кислорода в сточной воде ингибирует процесс, а снижение рН наоборот, его интенсифицирует. Эти результаты позволяют предположить, что основную роль в процессе полимеризации в исследованной системе играют восстановительные радикалы (H и $e_{гидр}$).

В сточной воде, подкисленной до рН=4,5, при электроимпульсной

обработке образуется осадок полимера – плотный и легко фильтрующийся. Его влажность составляет 70%, а отжимом ее можно довести до 30%. Качество очищенной воды позволяет использовать ее в оборотном цикле.

Таким образом, исследование эффективности электроимпульсной очистки сточных вод показало, что данный метод может быть использован для обработки промышленных сточных вод различного состава, что позволит использовать очищенную сточную воду в оборотных системах предприятий.

1.Шубин В.Н., Брусенцева С.А., Никонорова Г.К. Радиационно-полимеризационная очистка производственных стоков. – М.: Атомиздат, 1979. – 136 с.

2.Глупак А.Н. Электроимпульсный метод обезвреживания хромсодержащих сточных вод в системах оборотного водоснабжения (применительно к предприятиям машиностроительного комплекса): Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.04. – Харьков, 2000. – 172с.

3.Левченко В.Ф., Глупак А.Н. Исследование процесса электроимпульсной очистки сточных вод. – Харьков, 1999. – 50 с. (Препр. / НАН Украины. Ин-т пробл. машиностроения им. А.Н.Подгорного).

4.Глупак А.Н. Электроимпульсная технология очистки воды // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.9. – К.: Техніка, 1997. – С.68-70.

5.Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 448 с.

6.Глупак А.Н. Изменение структуры воды в процессе электроимпульсной очистки // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.14. – К.: Техніка, 1998. – С.80-82.

7.Антонченко В.Я., Давыдов А.С., Ильин В.В. Основы физики воды. – К.: Наук. думка, 1991. – 672 с.

8. Глупак А.Н., Дубинова Н.В. Технология очистки воды активированными коагулянтами // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.45. – К.: Техніка, 2002. – С.105-107.

Получено 18.04.2005

УДК 628.16.067.1

О.Ф.АКСЬОНОВА, О.О.ЛЮБАВИНА, В.Г.МИХАЙЛЕНКО, кандидаты техн. наук, Д.О.ТОРЯНИК, канд. физ.-матем. наук
Харківський державний університет харчівництва та торгівлі

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ДЕФТОРУВАННЯ ПІДЗЕМНОЇ ВОДИ ШЛЯХОМ ФІЛЬТРУВАННЯ КРИЗЬ ЗЕРНИСТЕ ЗАВАНТАЖЕННЯ

Розглядається проблема дефторування високофтористих артезіанських вод. Запропоновано безреагентний метод дефторування. Проведено вибір зернистого завантаження та оптимізацію параметрів процесу дефторування підземної води шляхом фільтрування кризь нього.

Забезпечення населення України якісною питною водою є склад-