

03;04;10

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД УНИЧТОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ВОДЕ

© О.В.Поляков, А.М.Бадалян, А.М.Сорокин, Е.К.Подгорная

Сообщается о новом высокоэффективном и дешевом методе очистки воды от органических, в том числе и низкомолекулярных, загрязняющих примесей. Процесс обработки воды аналогичен радиолизу, однако предложенный метод абсолютно радиационно безопасен.

Органические соединения, в особенности низкомолекулярные, растворенные в промышленных стоках, принадлежат к наиболее опасным и трудноуничтожимым загрязнениям водной среды. Традиционные методы очистки таких стоков малоэффективны, дорогостоящи, требуют сложной аппаратурной реализации, многочисленного хорошо подготовленного обслуживающего персонала.

Высокоэффективным является известный радиационный метод, в котором загрязненная органикой вода облучается пучком ускоренных электронов или γ -лучами [1]. Поглощение высокоэнергетичных электронов и квантов водой рождает в ней целый ряд активных частиц: радикалов, ион-радикалов, промежуточных соединений, возбужденных молекул, сольватированных электронов, выступающих мощными окислителями для различного рода растворенных органических молекул. Вместе с тем известный радиационный метод сам по себе опасен, а также требует сложной, дорогостоящей аппаратуры с высокой степенью электро- и радиационной защиты, квалифицированного персонала, из-за чего он редко применяется в промышленности.

В настоящей работе мы предлагаем новый электрорадиационный метод уничтожения органических загрязнений в воде, который имеет все преимущества высокоэффективного радиационного метода, но не имеет его недостатков. Сущность нового метода состоит в том, что растворенные органические соединения подвергаются деструкции и окислению под воздействием ряда активных частиц, которые образуются в водной среде при возбуждении в ней короткоживущих анодных микрозарядов, возникающих на анодах из вентильных металлов (Al, Ta, Nb, Zr и т. д.) при повышенных напряжениях. Анодные микрозаряды хорошо известны [2-5], однако исследовались преимущественно с точки зрения их применения в процессах синтеза высокопроч-

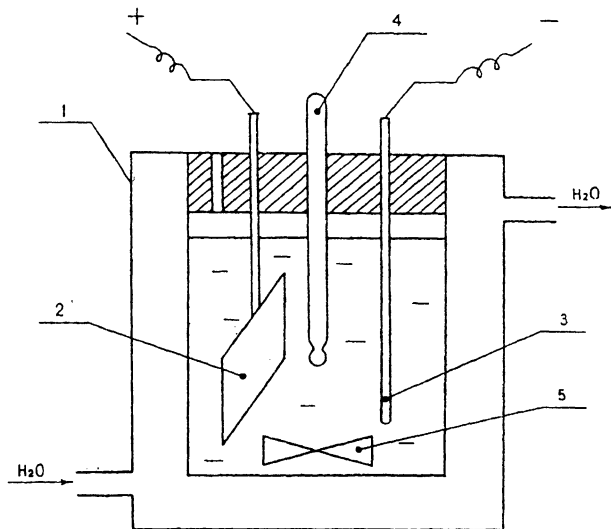


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — реактор, 2 — танталовый анод, 3 — катод, 4 — контрольный термометр, 5 — магнитная мешалка.

ных окисных покрытий. Вместе с тем показано [6], что анодные микроразряды в режиме “максимальных напряжений” по своим характеристикам аналогичны интенсивному тлеющему разряду и оказывают на водную среду воздействие, подобное радиолизу. По существу эти хаотические поверхностные газовые искры представляют собой множество маленьких ускорителей, испускающих в воду высокоэнергетичные частицы. В результате на присутствующие в водной среде органические примеси и бактерии действуют следующие активные частицы [5,6]: ионы со средней выделившейся энергией до 100 эВ/част; ион-радикалы (например, H_2O^+ , e_{solv}^-); радикалы (H, OH); промежуточные соединения (H_2O_2 , HO_2 , HO_2^- , O_2^-); возбужденные молекулы (H_2O^*) и, кроме того, дополнительные факторы: УФ-излучение, ударные волны, локальный нагрев, низковольтный электролиз. Анодные микроразряды и все сопутствующие им факторы существуют только внутри реакционного объема обрабатываемой воды и не воздействуют на окружающее пространство.

Эксперименты по деструкции органических примесей электрорадиационным методом нами проведены с насыщенными растворами таких трудноразрушаемых соединений, как бензол, фенол, хлороформ и дихлорэтан на установ-

ке, схематично показанной на рис. 1. Раствор органического компонента в водопроводной воде заливался в стеклянный или изготовленный из нержавеющей стали реактор 1 объемом около 0.5 л, снабженный рубашкой для дополнительного водяного охлаждения (если применять проточную модификацию реактора, то необходимость в дополнительном охлаждении отпадает). Внутри реактора располагались: танталовый анод 2, катод 3 из нержавеющей стали (в случае металлического реактора катодом служили его стенки), контрольный термометр 4 и магнитная мешалка 5. Перед применением анод однократно формовался [2] в специальном электролите для получения необходимого режима анодных микроразрядов. Рабочие параметры процесса были следующими: постоянное напряжение на аноде 600–650 В, эффективный ток 0.3 А, температура электролита не более 40° С.

Обработка исследуемого раствора проводилась на протяжении заданного времени, далее напряжение на аноде отключалось и отбиралась небольшая часть жидкости для анализа, а оставшаяся часть подвергалась повторной обработке в следующий заданный интервал времени. Состояние пробы контролировалось по УФ-спектрам поглощения, полученным с помощью высокочувствительного автоматизированного спектрофотометра оригинальной конструкции [7], а также измерялись проводимость и рН пробы жидкости стандартными методами.

Результаты экспериментов на примере обработки насыщенного (1 г/л) раствора бензола в слегка подщелоченной водопроводной воде представлены на рис. 2. Характерные для ароматических углеводородов абсорбционные полосы в УФ-области спектра (рис. 2, а) по мере обработки раствора резко деформируются и через 12–15 мин практически полностью исчезают. В то же время (рис. 2, б) существенно понижается рН среды, а проводимость в первые 5 мин с начала обработки несколько повышается, затем плавно падает до практически стационарной величины. Аналогичные зависимости характерны также и для насыщенного раствора фенола в воде.

Такое поведение контролируемых параметров пробы мы связываем с деструкцией (0–5 мин) и дальнейшим окислением (5–20 мин) растворенных углеводородов под воздействием упомянутых выше активных частиц. Сначала происходит накопление промежуточных соединений, по всей видимости многоатомных фенолов, продуктов расщепления ароматического ядра до малеиновой и щавелевой кислот, а также их анионов, далее разрушаемых разрядом до CO_2 и H_2O . Отметим, что появляющиеся в результате обработки

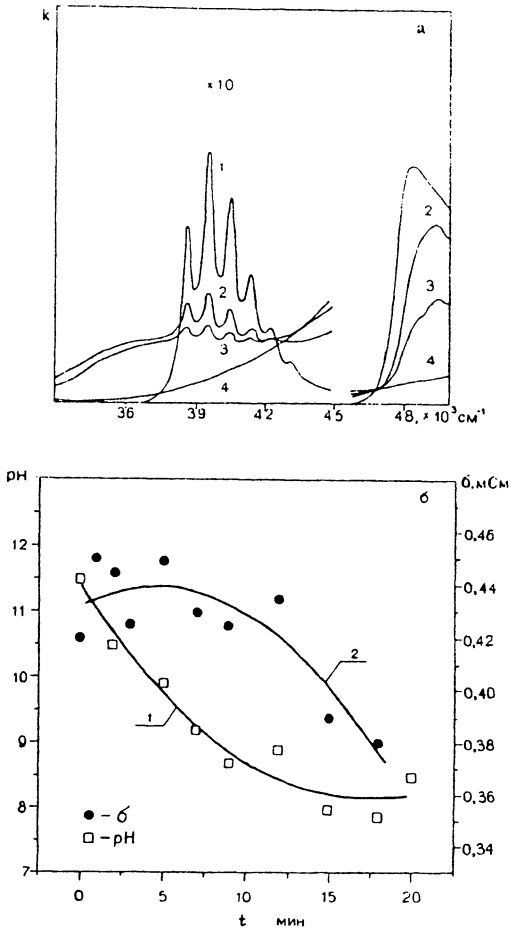


Рис. 2. Результат обработки микродозами насыщенного раствора бензола в воде: а — трансформация УФ-спектров поглощения: 1 — 0 мин, 2 — 2 мин, 3 — 5 мин, 4 — 15 мин; б — изменения рН (1) и проводимости (2) раствора.

промежуточные кислоты, во-первых, сами по себе уже не настолько опасны, как исходное загрязнение, а во-вторых, реагентно легко превращаются в нерастворимые соли, что открывает путь к значительному уменьшению энергозатрат при комбинировании с простыми и безопасными реагентными методами обработки воды.

Таким образом, новый электрорадиационный метод обработки воды обладает всеми преимуществами одного из наиболее эффективных методов — радиационного, однако

в отличие от него, значительно более прост и абсолютно радиационного безопасен.

Список литературы

- [1] Долин П.И., Шубин В.Н., Брусенцева С.А. Радиационная очистка воды. М., 1973. 152 с.
- [2] Гюнтериццельце А., Бетц Т. Электролитические конденсаторы. М.-Л., 1938. 200 с.
- [3] Марков Г.А., Белеванцев В.И., Терлеева О.П. и др. // Электрохимия. 1989. Т. 20. В. 11. С. 1473-1479.
- [4] Поляков О.В., Баковец В.В. // Хим. выс. энерг. 1983. Т. 17. В. 4. С. 291-295.
- [5] Бугаенко Л.Т., Вольф Е.Г., Калязин Е.П. и др. // Плазмохимия-90. М.: ИНХС СССР, 1990. С. 8-40.
- [6] Баковец В.В., Поляков О.В., Долговесова И.П. Плазменно-электрохимическая анодная обработка металлов. Новосибирск, 1991. 168 с.
- [7] Бадалян А.М., Гаун Д.Д., Каичев В.В. // ПСУ. 1994. В. 10. С. 31-33.

Институт
неорганической химии
СО РАН
Новосибирск
Институт водных
и экологических проблем
СО РАН
Барнаул
Институт физиологии
СО РАМН
Новосибирск

Поступило в Редакцию
11 марта 1996 г.

