

Воздействие электронного пучка на трансформацию фенола в воде в присутствии гуминовых веществ*

О.Н. Чайковская^{1,2}, Е.Н. Бочарникова^{1,2}, В.И. Соломонов¹, А.С. Макарова¹,
А.В. Спирина¹, С.А. Чайковский^{1,3}, И.В. Соколова²

¹ Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

³ Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва, Россия

Электронные пучки импульсного ускорителя типа РАДАН со средней энергией 170 кэВ и измеритель спектров импульсной катодоллюминесценции в области от 350 до 900 нм, а также регистрация спектров поглощения и флуоресценции использовались для изучения трансформации фенола в воде в присутствии гуминовых веществ. С помощью этого пучка одновременно осуществлялись возбуждение катодоллюминесценции и радиолизное воздействие на водный раствор фенола. Степень трансформации исследуемых веществ определяли по анализу спектров люминесценции и поглощения облученного раствора. Исследование воздействия импульсного электронного пучка на водный раствор фенола в присутствии гуминовых веществ показало, что эффективность трансформации фенола в присутствии образца из смеси гуминовых и фульвокислот увеличивается в 2.6 раза по сравнению с водным раствором.

Ключевые слова: фенол, гуминовая кислота, импульсный электронный пучок, катодоллюминесценция, трансформация.

Введение

Фенол имеет многочисленные преимущества по сравнению с обычно используемыми арилгалогедами с точки зрения экологичности и устойчивости и применяется как прекурсор для производства высокоактивированных сульфонатных типов производных фенолов [1]. СО-связь является функциональной и основной для образования лигниновой биомассы из фенолов [2]. С другой стороны, фенол признан одним из широко распространенных антропогенных загрязнителей в окружающей среде. Он губителен для многих микроорганизмов, поэтому промышленные сточные воды с высоким содержанием токсиканта плохо поддаются биологической очистке. Источниками загрязнения водных объектов фенолами также являются стоки предприятий нефтеперерабатывающей, сланцеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилиноокрасочной промышленности. Содержание фенолов в них может превышать 10–20 г/дм³ [3].

В настоящее время известны различные технологии очистки воды от фенола, такие как экстракция, выпаривание, озонирование, добавление окислителей, сорбция, электрокаталитическое гидрирование [4–7]. Дезинфекция воды во время разложения органических загрязнителей в усовершенствованных процессах окисления вызывает растущую обеспокоенность во всем мире из-за потенциального риска образования хлорированных побочных продуктов в условиях окружающей среды [8]. Признанным и наиболее эффективным способом является сорбция активированным углем, но высокая стоимость активированного угля, дорогостоящие и зачастую экологически опасные процессы его регенерации ограничивают использование этого способа. Анализ экологических показателей пяти различных технологий удаления фенола выявил, что степень очистки сточных вод является основным показателем эффективности. Экономический анализ технологий очистки показал, что процесс адсорбции является наиболее доступным и не требует затрат электроэнергии [9].

Другим эффективным методом для удаления органических соединений из воды может быть использование электронно-лучевого воздействия [10]. Плазмохимические процессы, протекающие при воздействии импульсного электронного пучка на органические соединения в воде, в том числе на границе раздела жидкость – воздух, изучены мало. При воздействии пучка возникают активные центры (свободные радикалы, ионы или возбужденные молекулы) и формируются условия, благоприятные для протекания цепных [11] и разветвленных цепных процессов в воздухе [12]. Допол-

* Работа поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания ИЭФ УрО РАН (№ 124022200004-5).