

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ВОДНЫЙ РАСТВОР ПАРАЦЕТАМОЛА**В. Л. Кудрявцева, Н. С. Ермоленко

Научный руководитель: м.н.с. Д. Ю. Колоколов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г.Томск, пр. Ленина 30, 634050

E-mail: kudruavtseva.valeriya93@gmail.com

**THE INVESTIGATION OF EFFECT OF PULSED ELECTRON BEAM ON PARACETAMOL CONCENTRATION IN AQUEOUS SOLUTION BY**V.L. Kudryavtseva, N. S. Ermolenko

Scientific Supervisor: D. Yu. Kolokolov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: kudruavtseva.valeriya93@gmail.com

*In this paper describes the methods for removing paracetamol from aqueous solution and presents the results of preliminary experimental studies of the degradation paracetamol in aqueous solution by pulsed electron beam.*

В настоящее время всё больший интерес вызывают исследования химии окружающей среды, в которых наиболее важной проблемой является возникновение и дальнейшая судьба фармацевтических активных соединений - ксенобиотиков в водной среде. По данным исследований [1] в поверхностных водах множества стран содержатся такие препараты, как анальгетики, антибиотики, противоэпилептические средства, липидные регуляторы и др.

Особую актуальность приобретает вопрос предотвращения попадания ксенобиотиков в окружающую среду, за счёт их удаления с помощью различных методов и технических решений.

Одним из перспективных методов очистки сточных вод от ксенобиотиков является метод, основанный на воздействии импульсного электронного пучка. Так же в ходе данной работы были рассмотрены и другие перспективные методы уменьшения концентрации парацетамола в водных растворах, а именно – сонолиз, озонирование и обработка УФ излучением. В качестве исследуемого вещества был выбран парацетамол, так как данный препарат имеет широкое распространение и доступность.

При озонировании воде из-за нестабильности молекулы озона происходит распад молекулы трехатомной аллотропной формы кислорода на простой двухатомный кислород и свободный активный атом. В стремлении создать равновесные стабильные связи, атом кислорода агрессивно стремится присоединиться к любым инородным соединениям в воде, за счет чего разрушает белковые формы микроорганизмов, бактерий и вирусов, окисляет соединения вызывающие неприятный цвет и запах воды, разлагает жиры и очищает воду от примесей. По данным [2], при озонировании водного раствора парацетамола с исходной концентрацией 18 мг/л, было достигнуто полное его удаление, а также определены побочные и промежуточные продукты: перекись водорода, глиоксалева, щавелевая и муравьиная кислоты.

Сонохимическое разрушение загрязняющих веществ в водной фазе происходит в результате повышения локальных температур вследствие взрыва кавитационных пузырьков до 5000 К. Известно, что уже при 2000 К около 0,01 % молекул  $H_2O$  внутри пузырька диссоциируют на водородные Н и гидроксильные ОН свободные радикалы. ОН радикалы находятся в возбужденном состоянии, характеризующимся одноэлектронным дефицитом, следовательно, являются крайне неустойчивыми. Из-за их нестабильности они стремятся прореагировать с любыми инородными загрязнителями в воде и расщепить их, как правило, они окисляют любые органические и неорганические примеси в воде с образованием углекислого газа, воды и солей в качестве продуктов реакции. По данным [3] при обработке водного раствора вышеописанным методом концентрация парацетамола снижается при определенных условиях вплоть до 95 %. Также в литературе описаны дополнительные эксперименты обработки водного раствора парацетамола ультразвуком в сочетании с окислителем, таким как  $H_2O_2$ , что при определенных концентрациях перекиси, повышает эффективность процесса.

Суть ультрафиолетового облучения воды состоит в том, что фотоны УФ излучения поглощаются молекулами воды, вследствие чего вода распадается на высокореактивный гидроксильный радикал ОН, который является одним из сильнейших окислителей и атом водорода. Добавление перекиси водорода  $H_2O_2$  способствует образованию еще большего количества гидроксильных радикалов, которые, как описано выше, взаимодействуют с загрязнителями. По данным [2] при обработке водного раствора парацетамола с исходной концентрацией 18 мг/л, концентрацией перекиси водорода 90 и 100 мг/л лампой мощностью 17 Вт и длиной волны 254 нм в диапазоне рН раствора от 2.0 до 7.0 было достигнуто полное удаление парацетамола. Однако были образованы промежуточные продукты: гидроксинон, дикарбоновая кислота и 2-гидрокси-4-N-ацетил-аминофенол.

При воздействии ионизирующих излучений на воду, происходит радиолитическое разложение воды, в результате чего, так же как и при озонировании и сонолизе, образуются радикалы Н и ОН, воздействующие на примеси.

В ходе данной работы была проведена серия экспериментов с целью исследования процессов снижения концентрации парацетамола в водном растворе инициированных воздействием импульсным электронным пучком.

В данной работе генератором импульсного электронного пучка выступал импульсно-частотный сильноточный электронный ускоритель «Астра – М». Параметры ускорителя были следующими: ускоряющее напряжение от 450 до 470 кВ, ток пучка до 1,2 кА, длительность импульса напряжения (по основанию) порядка 300 нс, энергия электронного пучка за импульс до 20 Дж, частота следования импульсов до 50 имп/с.

Обработка раствора парацетамола производилась в кювете в стационарном режиме. Определение концентрации парацетамола в водном растворе производилось фотометрическим методом с использованием КФК-2 по методике [4].

Эксперимент был проведен следующим образом. Раствор парацетамола наливали в кювету диаметром 90 мм с концентрацией парацетамола 20 и 10 мг/л. Затем, располагали кювету перед выходным окном ускорителя, и производили обработку электронным пучком. Для разных исходных концентраций парацетамола были проведены серии экспериментов с изменением поглощенной дозы.

На рисунке 1 представлены результаты облучения водного раствора парацетамола с исходной концентрацией 20 мг/л и 10 мг/л.

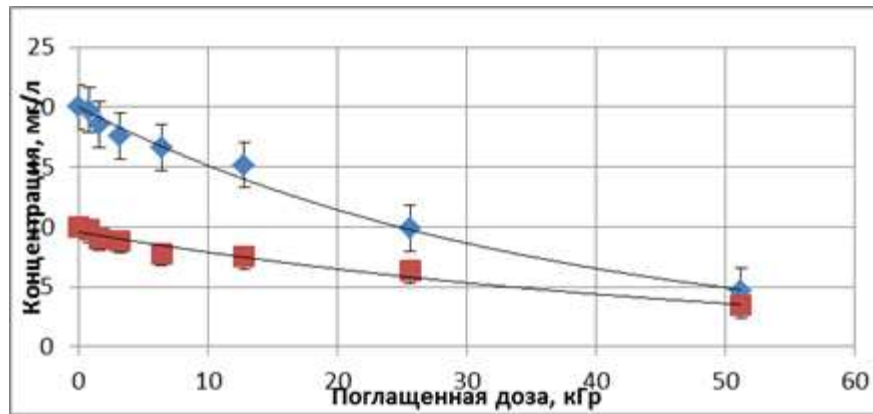


Рис. 1. График концентрации водного раствора парацетамола при исходных концентрациях 10 и 20 мг/л в зависимости от поглощённой дозы

Из графиков, представленных на рисунке 1, видно, что при обработке электронным пучком водного раствора парацетамола с концентрацией 20 мг/л при поглощённой дозе 51,2 кГр наблюдается снижение концентрации на 76,5 % вплоть до 4,7 мг/л, а при обработке электронным пучком водного раствора парацетамола с концентрацией 10 мг/л наблюдается снижение концентрации парацетамола на 66 % – до 3,4 мг/л.

В заключении необходимо отметить, что в ходе выполнения работы были установлены зависимости концентрации парацетамола в водном растворе в зависимости от поглощённой дозы при разных исходных концентрациях. На основании полученных результатов, можно сделать следующий вывод, что при повышении поглощенной дозы наблюдается снижение концентрации парацетамола по экспоненциальному закону. В дальнейшем планируется провести серию экспериментов по уменьшению концентрации парацетамола в водном растворе с использованием вышеописанных методов, а так же их комбинации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Thomas Heberer. – Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. – Toxicology Letters 131 (2002). – 5–17 p.
2. Roberto Andreozzi, Vincenzo Caprio, Raffaele Marotta, Davide Vogna. Paracetamol oxidation from aqueous solutions by means of ozonation and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV system. – Water Research 37 (2003). – 993–1004 p.
3. Quesada-Pecate Isariebel, Julcour-Lebigue Carine, Juregui-Haza Ulises-Javier, Wilhelm Anne-Marie, Delmas Henri. Sonolysis of levodopa and paracetamol in aqueous solutions. – Ultrasonics Sonochemistry 16 (2009). – 610–616 p.
4. МУК 4.1.0.272 - 4.1.0.340 - 96 // Выпуск 31, Минздрав России, Москва, 1999.