

Т.А. Благова, Е.В. Третьяченко, доц., к-д хим. наук,
М.А. Викулова, доц., к-д хим. наук
(СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов)

С.И. Саунина, доц., к-д физ.-мат. наук
(ФГБОУ ВО «ЧелГУ», г. Челябинск)

УДАЛЕНИЕ Cr(VI) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИТИТАНАТА КАЛИЯ

Шестивалентный хром Cr(VI) является высокотоксичным загрязняющим веществом, обладающим канцерогенным и мутагенным действием, который опасен для биологических систем и может легко проникать в пищевые цепи [1]. Загрязнение воды Cr(VI), в основном, вызвано промышленными сточными водами гальванических производств, дубления кожи, обработки металлов, фотографирования, атомных электростанций и текстильной промышленности [2]. Одним из наиболее предпочтительных методов очистки сточных вод от Cr(VI) является восстановление Cr(VI) до Cr(III), поскольку Cr(III) считается нетоксичным и является важным микроэлементом для человека [3]. Кроме того, он может быть осажден из раствора в форме Cr(OH)₃ и удален в виде твердых отходов. Недостатком такого подхода является необходимость утилизации данных твердых отходов.

В настоящее время адсорбция стала наиболее универсальной и широко используемой технологией, а активированный уголь – наиболее часто используемым сорбентом. Однако использование активированного угля является дорогостоящим, поэтому в последние годы возрос интерес к использованию других альтернативных адсорбирующих материалов. Известно об удалении хрома из сточных вод с использованием бактерий, грибов, водорослей и различных растений, но хотя эти материалы демонстрируют хорошие характеристики в лабораторных условиях, их использование для крупномасштабных очистных сооружений неприемлемо из-за недостаточного количества [2].

В связи с этим поиск новых перспективных реагентов для удаления Cr(VI) из водных растворов является актуальной задачей.

Как показано в предыдущих работах [4], полититанат калия (ПТК) является прекрасным прекурсором для получения функциональных материалов различного назначения посредством эффективного извлечения ионов металлов из водных растворов за счет процессов сорбции и ионного обмена. Кроме того, переменная валентность титана в составе ПТК (Ti⁴⁺/Ti³⁺) может способствовать

восстановлению шестивалентного хрома до трехвалентного состояния.

Цель работы – исследовать эффективность удаления Cr(VI) из водных растворов с использованием полититаната калия.

ПТК синтезирован по методике [5]. Исследование эффективности удаления Cr(VI) из водных растворов проведено при дозе ПТК 10 г/л, концентрации раствора Cr(VI) 0,25-7,50 ммоль/л, варьировании pH в зависимости от концентрации 6,9-10,7. Время взаимодействия – 4 часа. Остаточная концентрация ионов Cr(VI) определена по реакции с дифенилкарбазидом спектрофотометрическим методом (спектрофотометр Evolution 300 THERMO SCIENTIFIC (США)) при $\lambda_{\max} = 540$ нм. Содержание Cr(III) в растворе рассчитано по разности концентраций общего и шестивалентного хрома.

Экспериментальная сорбционная емкость (Q, мг/г) рассчитана по формуле:

$$Q = \frac{(C_0 - C_t)V}{m} \times 100\% \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация ионов хрома в растворе, мг/л; C_t – концентрация ионов хрома в растворе в момент времени t, мг/л; V – объем раствора, л; m – масса ПТК, г.

Эффективность восстановления ионов Cr(VI) до Cr(III) полититанатом калия (Э, %) рассчитана по формуле:

$$\text{Э, \%} = \frac{C_{\text{общ.}} - C_{\text{Cr(VI)}}}{C_{\text{общ.}}} \times 100\% \quad (2)$$

где $C_{\text{общ.}}$ – общая концентрация ионов хрома в растворе, мг/л; $C_{\text{Cr(VI)}}$ – концентрация ионов шестивалентного хрома в растворе, мг/л.

Результаты удаления Cr(VI) из водных растворов обработаны с использованием сорбционных моделей. Наибольшее соответствие экспериментальных данных получено для уравнения адсорбции Фрейндлиха (уравнение (3) и рис. 1):

$$\lg Q = \lg K_F + \frac{1}{n} \lg C_{\text{равн.}} \quad (3)$$

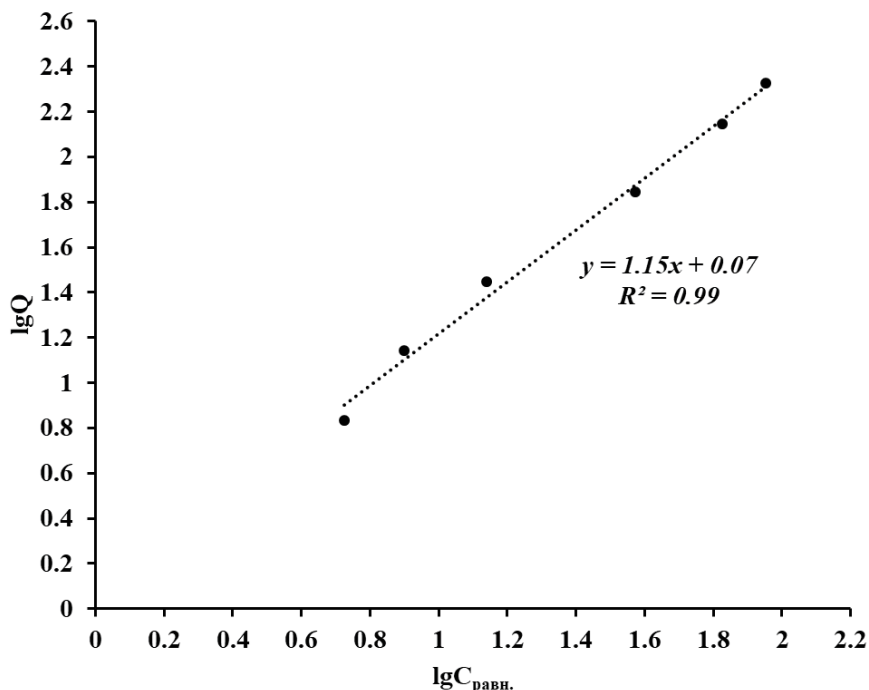


Рисунок 1 – Экспериментальные данные по удалению ионов Cr(VI) полтитанатом калия в координатах линейного уравнения Фрейндлиха

Модель Фрейндлиха применяется для описания процесса сорбции на гетерогенных поверхностях и подразумевает взаимодействие между адсорбированными молекулами, а также экспоненциальное распределение сорбционных центров и энергий.

Линейная зависимость позволяет определить константы: $K_F = 1,2 \text{ (л)}^{1/n} \text{ (мг)}^{1-1/n} / \text{г}$, соответствующая сорбционной емкости и $n = 0,7$, показывающая интенсивность сорбции.

Кроме того, установлено, что при $\text{pH} = 10,5$ эффективность восстановления Cr(VI) до Cr(III) полтитанатом калия превышает 75 %.

Таким образом, полтитанат калия обладает комплексным механизмом удаления Cr(VI) из водных растворов, при этом эффективность удаления превышает 97 %, из которых 75 % сопровождается процессом восстановления Cr(VI) до Cr(III).

ЛИТЕРАТУРА

1. Barrera-Díaz C.E., Lugo-Lugo V., Bilyeu B. A review of chemical, electrochemical and biological methods for aqueous Cr (VI) reduction // Journal of hazardous materials. – 2012. – V. 223. – P. 1-12.

2. Mohan D., Pittman Jr C. U. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri-and hexavalent chromium from water // Journal of hazardous materials. – 2006. – V. 137. – №. 2. – P. 762-811.
3. Huang Y. et al. Efficient catalytic reduction of hexavalent chromium using palladium nanoparticle-immobilized electrospun polymer nanofibers // ACS applied materials & interfaces. – 2012. – V. 4. – №. 6. – P. 3054-3061.
4. Tretyachenko E. V. et al. Adsorption and photo-catalytic properties of layered lepidocrocite-like quasi-amorphous compounds based on modified potassium polytitanates // Particuology. – 2014. – V. 17. – P. 22-28.
5. Sanchez- Monjaras T., Gorokhovsky A., Escalante- Garcia J. I. Molten salt synthesis and characterization of potassium polytitanate ceramic precursors with varied $\text{TiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ molar ratios // Journal of the American Ceramic Society. – 2008. – V. 91. – №. 9. – P. 3058-3065.