

Суман Саини¹, Джоти Чавла^{1*}, Раджив Кумар¹, Индерприт Каур²

¹Отделение химии, Международный институт Манав Рачна, Фаридабад, Индия;

²Отделение химии, Университет Гуру Нанак Дев, Амритсар Индия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКА ПЕРА *PAVO CRISTATUS* (ПАВЛИНА) В КАЧЕСТВЕ АДсорбЕНТА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИОНОВ КАДМИЯ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА

Кадмий – один из наиболее токсических тяжелых металлов, который попадает в окружающую среду различными путями. К ним относятся выветривание и эрозия горных пород, выщелачивание из природных фосфатов и фосфоритов, лесные пожары. Основными антропогенными источниками являются металлопокрытие, производство элементов питания, горнодобывающая и металлургическая промышленность, производство удобрений, пигментов, стабилизаторов, а также выбросы в атмосферу и сточные воды. Попадание кадмия в организм человека увеличивает риск появления многих заболеваний. Для удаления ионов тяжелых металлов и кадмия из воды известно много методов. Исследована адсорбционная способность порошка из пера *Pavo Cristatus* в зависимости от концентрации кадмия, pH раствора, концентрации адсорбата, продолжительности контакта и температуры. Максимальная адсорбция кадмия наблюдалась при pH 5. Вначале адсорбция кадмия увеличивалась с ростом концентрации кадмия, продолжительности контакта и концентрации адсорбата. Для анализа экспериментальных данных были применены изотермы адсорбции моделей Ленгмюра, Фрейндлиха и Темкина. Экспериментальные данные хорошо согласуются с моделью изотермы Ленгмюра. Однако максимальная адсорбционная способность порошка из пера *Pavo Cristatus* по модели Ленгмюра для кадмия при pH 5 составляет 64,52 мг/г. Кинетика адсорбции была исследована с помощью кинетических моделей псевдопервого и псевдотортого порядка и лучше всего описывается моделью псевдотортого порядка. Также были рассчитаны термодинамические параметры: изменение свободной энергии Гиббса, энтропия и энтальпия адсорбции. Полученные результаты показали, что порошок пера *Pavo Cristatus* можно использовать как дешевый и эффективный адсорбент для удаления ионов тяжелых металлов из промышленных сточных вод. Этот материал также может быть применен для удаления других токсических металлов из воды.

Ключевые слова: адсорбция, кадмий, исследование кинетики, порошок из пера *Pavo Cristatus*, термодинамика.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение тяжелыми металлами воды является серьезной проблемой как для челове-

ка, так и окружающей среды из-за токсической природы ионов этих металлов [1]. Тяжелые металлы накапливаются в живых тканях и оказывают серьезное воздействие на здоровье человека. Кадмий – один из тяжелых металлов, чье происхождение является не ес-

* Для листування: jyoti.fet@mriu.edu.in

16. Luo C., Wei R., Guo Dan., Zhang S., Yan S. Adsorption behavior of MnO₂ functionalized multi-walled carbon nanotubes for the removal of cadmium from aqueous solutions. *Ibid.* 2013. 225. P. 406–415.
17. Kumar R., Chawla J. Removal of cadmium ion from water/wastewater by nano-metal Oxides: A review'. *Water Qual. Exp. Health.* 2014. 5, N 4. P. 215–226.
18. Muya F.N., Ward M., Sunday C.E., Baker P., Iwuoha E. Environmental remediation of heavy metal ions from aqueous solution through hydrogel adsorption: A critical review. *Water Sci. Technol.* 2015. DOI-10.2166/wst.2015.567.
19. Sonmezay A., Oncel M.S., Bektas N. "Adsorption of cadmium and lead ions from aqueous solutions using manganese oxide minerals". *Trans. Nonferrous. Metal. Soc. China.* 2012. 22. P. 3131–3139.
20. Krika F., Azzouz N., Ncibi M.C. Adsorptive removal of cadmium from aqueous solution by cork biomass: Equilibrium, dynamic and thermodynamic studies. *Arab. J. Chem.* 2012. P. 1–7.
21. Giwa A.A., Bello I.A., Oladipo M.A., Adeoye D.O. Removal of Cadmium from waste-water by adsorption using the husk of melon (*Citrullus lanatus*) seed. *Int. J. Basic Appl. Sci.* 2013. 2, N1. P. 110–123.
22. Farhan A.M., H Al-Dujaili A., Awwad A.M. Equilibrium and kinetic studies of cadmium(II) and lead(II) ions biosorption onto. *Ficus carcia leaves.* *Int. J. Ind. Chem.* 2013. 4, N24. P. 1–8.
23. Yavuz O., Guzel R., Aydin F., Tegin I., Ziyadanogullari R. Removal of Cd(II) and Pb(II) from aqueous solution by calcite. *Polish J. Environ. Stud.* 2007. 16, N3. P. 467–471.
24. Wang H., Jin X-Y, Wu H-B. Adsorption and desorption properties of modified feather and feather/PP melt-blown filter cartridge of lead ion (Pb²⁺). *J. Appl. Polym. Sci.* 2015. 132. P. 41555.
25. Ganesh M., Hemalatha P., Mei M.P., Rajasekar K., Jang H.T. A new fluoride mediated synthesis of mesoporous silica and their usefulness in controlled delivery of duloxetine hydrochloride a serotonin re-uptake inhibitor. *J. Ind. Eng. Chem.* 2012. 18, N2. P. 684–689.

Поступила в редакцию 08.11.2016 г.

После доработки 30.01.2020 г.

Принято к публикации 06.02.2020 г.

Суман Саїні¹, Джуоти Чавла^{1*}, Раджив Кумар¹, Индерприт Каур²

¹Відділення хімії, Міжнародний інститут Манав Рачна, Фарідабад, Індія;

²Відділення хімії, Університет Гуру Нанак Дев, Амрітсар, Індія

*jyoti.fet@mriu.edu.in

ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКУ ПЕРА *PAVO CRISTATUS* (ПАВИЧА) ЯК АДСОРБЕНТУ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ КАДМІЮ З ВОДНОГО РОЗЧИНУ

Кадмій – один з найбільш токсичних важких металів, який потрапляє в навколишнє середовище різними шляхами. До них відносяться вивітрювання і ерозія гірських порід, вилуговування з природних фосфатів і фосфоритів, лісові пожежі. Основними антропогенними джерелами є металопокриття, виробництво елементів живлення, гірничодобувна і металургійна промисловість, виробництво добрив, пігментів, стабілізаторів, а також викиди в атмосферу і стічні води. Потрапляння кадмію в організм людини збільшує ризик появи багатьох захворювань. Для видалення іонів важких металів і кадмію з води відомо багато методів. Досліджена адсорбційна здатність порошку з пера *Pavo Cristatus* в залежності від концентрації кадмію, рН розчину, концентрації адсорбату, тривалості контакту і температури. Максимальна адсорбція кадмію спостерігалася при значенні рН 5. Спочатку адсорбція кадмію збільшувалася із зростанням концентрації кадмію, тривалості контакту і концентрації адсорбату. Для аналізу експериментальних даних були застосовані ізотерми адсорбції моделей Ленгмюра, Фрейндліха і Темкіна. Експериментальні дані добре узгоджуються з моделлю ізотерми Ленгмюра. Однак максимальна адсорбційна здатність порошку з пера *Pavo Cristatus* по моделі Ленгмюра для кадмію при рН 5 становить 64,52 мг/г. Кінетика адсорбції була досліджена за допомогою кінетичних моделей псевдопершого і псевдодругого порядку і найкраще описується моделлю псевдодругого порядку. Також були розраховані термодина-

мічні параметри: зміна вільної енергії Гіббса, ентропія і ентальпія адсорбції. Отримані результати показали, що порошок пера *Pavo Cristatus* можна використовувати як дешевий і ефективний адсорбент для видалення іонів важких металів з промислових стічних вод. Цей матеріал також може бути застосований для видалення інших токсичних важких металів з води.

Ключові слова: адсорбція, кадмій, дослідження кінетики, порошок з пір'я Pavo Cristatus, термодинаміка.

Suman Saini¹, Jyoti Chawla^{1}, Rajeev Kumar¹, Inderpreet Kaur²*

¹Department of Chemistry, Manav Rachna International Institute, Faridabad, India;

²Department of Chemistry, Guru Nanak Dev University, Amritsar, India

*jyoti.fet@mriu.edu.in

USE OF PAVO CRISTATUS (PEACOCK) FEATHER POWDER AS ADSORBENT FOR REMOVAL OF CADMIUM IONS FROM AQUEOUS SOLUTION

Cadmium is one of the most toxic heavy metals that enters the environment in various ways. These include weathering and erosion of rocks, leaching from natural phosphates and phosphorites, forest fires. The main anthropogenic sources are metal coatings, production of batteries, mining and metallurgical industries, the production of fertilizers, pigments, stabilizers, as well as emissions into the atmosphere and wastewater. The ingestion of cadmium in the human body increases the risk of many diseases. Many methods are known for removing heavy metal ions and cadmium from water. The adsorption capacity of the powder from Pavo Cristatus feathers was studied depending on the concentration of cadmium, the pH of the solution, the concentration of adsorbate, duration of contact, and temperature. Maximum cadmium adsorption was observed at pH 5. Initially, cadmium adsorption increased with increasing cadmium concentration, duration of contact, and adsorbate concentration. To analyze the experimental data, adsorption isotherms of the Langmuir, Freundlich, and Temkin models were used. The experimental data are in good agreement with the Langmuir isotherm model. However, the maximum adsorption capacity of the powder from Pavo Cristatus feathers according to the Langmuir model for cadmium at pH 5 is 64.52 mg/g. Adsorption kinetics was investigated using pseudo first and pseudo second order kinetic models and is best described by a pseudo second order model. The thermodynamic parameters were also calculated: the change in Gibbs free energy, entropy and enthalpy of adsorption. The results showed that the Pavo Cristatus feathers can be used as a cheap and effective adsorbent for removing heavy metal ions from industrial wastewater. This material can also be used to remove other toxic heavy metals from water.

Keywords: adsorption, cadmium, kinetics research, Pavo Cristatus feather powder, thermodynamics.