

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

DOI - 10.32743/UniChem.2021.88.10.12333

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ИОНОВ $\text{Co}(\text{II})$ ИЗ РАСТВОРОВ НА АНИОНООБМЕННИКА**Бабожонова Гулбахор Курбанназаровна***PhD докторант,
Чирчикский государственный педагогический институт,
Республика Узбекистан, г. Чирчик***Инханова Арофат***PhD докторант,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Зокиров Сардор***научный сотрудник,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Бекчанов Давронбек Жумазарович***д-р хим. наук, доцент,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: bekchanov100987@mail.ru***Мухамедиев Мухтаржан Ганиевич***д-р хим. наук, проф.,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mmukhamediev@mail.ru*KINETICS OF SORPTION OF $\text{Co}(\text{II})$ IONS FROM SOLUTIONS ON ANION EXCHANGER**Gulbahor BaboZHonova***PhD doctoral student,
Chirchik State Pedagogical Institute,
Uzbekistan, Chirchik***Arofat Inkhanova***PhD doctoral student,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Uzbekistan, Tashkent***Sardor Zakirov***Scientific researcher,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Uzbekistan, Tashkent***Davronbek Bekchanov***Dr. chem. Sci., Associate Professor,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Uzbekistan, Tashkent***Mukhtarzhan Mukhamediev***Dr. chem. Sciences, prof.,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В данной работе исследована кинетика процесса сорбции ионов Co (II) из растворов на анионообменнике. Для оценки кинетики моделей и механизма адсорбции использованы математические модели псевдо-первого и псевдо-второго порядков. Результаты показали, что кинетика адсорбции в большей степени соответствует модели псевдо-второго порядка. Для ионов кобальта максимальная адсорбционная емкость составила 124,5 мг / г.

ABSTRACT

In this work, we investigated the kinetics of the sorption of Co (II) ions from solutions on an anion exchanger. To assess the kinetics of the models and the adsorption mechanism, mathematical models of the pseudo-first and pseudo-second orders were used. The results showed that the kinetics of adsorption is more consistent with the pseudo-second order model. For cobalt ions, the maximum adsorption capacity was 124.5 mg / g.

Ключевые слова: сорбция, ионный обмен, анионообменнике на основе поливинилхлорида, модификация, ионы кобальта (II), кинетика сорбции.

Keywords: sorption, ion exchange, anionexchanger based on polyvinyl chloride, modification, cobalt (II) ions, sorption kinetics.

Введение

В настоящее время многие предприятия загрязняют окружающую среду огромным количеством сточных вод, которые содержат различные токсичные ионы тяжелых металлов [1]. В частности, превышение ПДК Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} и других ионов, в этих сточных водах отрицательно влияет на окружающую среду [2, 3]. Контроль за содержанием ионов токсичных металлов в промышленных сточных водах и ремедиация последних - одна из самых актуальных задач экологии [4]. Существуют различные способы очистки загрязненных сточных вод от присутствующих поллютантов [5]. К таковым относятся осаждение химическими реагентами, нейтрализация, фильтрация, электрохимическое осаждение, сорбционные технологии. Все известные методы не лишены недостатков, и, в первую очередь, связанных с их трудо- и энергозатратами [6]. При этом методы осаждения требуют введение химических веществ, которые в свою очередь, могут вносить дополнительное загрязнение. На этом фоне сорбционные методы с использованием природных или синтетических сорбентов имеют то преимущество по сравнению с другими, что позволяют сконцентрировать низкие концентрации экотоксикантов, например, тяжелых металлов, из большого объема сточных вод. В последние годы [7] сорбционные технологии на принципе ионного обмена широко применяются в промышленных технологиях, связанных с концентрированием цветных и драгоценных металлов, таких как гидрометаллургия, гальваническое производство, водоподготовка, очистка сточных вод с целью возвращения их в рецикл. Все это требует создания новых эффективных сорбционных материалов на основе ионообменных смол.

В работе [8] описано получение ионообменной смолы ЭДЭ-10П путем взаимодействия эпихлоргидрина с полиэтиленполиамином (ПЭПА), нашедшая свое применение в промышленности для концентрирования ряда ионов тяжелых металлов. Так авторы [9] исследовали ионообменное равновесие ионов тяжелых металлов (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} и Co^{2+}) с комплексными ионообменниками Purolite S940 и S950, содержащими amino- и фосфатные группы. Сорбция ионов Cr^{3+} и Fe^{3+} изучалась также азотсодержащими ионообменниками.

Настоящая работа преследует своей целью исследование кинетики сорбции ионов Co (II) из растворов на анионите, полученном на основе поливинилхлорида. Кинетика процесса изучалась для оценки эффективности адсорбции ионов металлов на анионообменнике и описывалась с помощью кинетических моделей псевдо-первого и псевдо-второго порядков.

Материалы и методы

В работе использовали синтезированную анионообменную смолу на основе поливинилхлорида (ПВХ) марки И40-13А, 8/2 ГОСТ 5960- 72; ГОСТ 127.4-93. В качестве источника Co (II) использовался хлорид кобальта (CoCl_2). Соляная кислота и едкий натрий квалификации «х.ч» использовалась для активации анионообменной смолы.

В работе изучена сорбция ионов Co (II) на анионообменной смоле. С этой целью готовили модельные водные растворы хлористого кобальта с концентрациями 0,075 моль/л; 0,05 моль/л; 0,025 моль/л; 0,01 моль/л; 0,0075 моль/л; 0,005 моль/л; 0,0025 моль/л; 0,001 моль/л.

Подготовка анионообменника заключалась в следующем:

Анионообменник со статической обменной емкостью (СОЕ), определенной по HCl и равной 6,58 мг-экв/г массой по 0,3 г вносили в конические колбы емкостью 250 мл, в которых находилось по 100 мл модельных растворов с различным содержанием хлорида кобальта и встряхивали в течение заданного времени 2,4,6,8,10 часов при различных температурах 293,303,313 К.

Концентрации ионов Co (II) в растворах до и после сорбции регистрировали с помощью спектрофотометра (микро планшетный ридер Perkin Elmer) (США) (длина волны 514 нм для Co (II)) [10].

Количество ионов Co (II), абсорбированных в анионообменнике, рассчитывается по следующему уравнению:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V \quad (1)$$

где: q_e - количество иона металла, поглощенного анионитом, моль/г, C_0 - начальная концентрация

ионов $Co(II)$ моль/л, C_e - равновесная концентрация ионов $Co(II)$ моль/л; V - объем раствора л; m - масса сухого адсорбента (г) [11].

Исследование кинетики адсорбции

Для определения механизма сорбции ионов на сорбенте используются различные кинетические модели, в том числе псевдо-первого порядка и псевдо-второго порядка [12].

Эти модели были использованы в нашем исследовании.

Кинетическая модель псевдо-первого порядка

Эта модель представлена уравнением (2) ниже.

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t \quad (2)$$

В этом уравнении: q_t и q_e - количество ионов $Co(II)$ в определенное время и в равновесии (мг/г). k_1 - константа скорость процесса сорбции первого порядка (мин^{-1}), [13].

Кинетическая модель псевдо-второго порядка

Эта модель представлена уравнением (3) ниже [14].

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e}\right)t \quad (3)$$

Начальная скорость сорбции ($t = 0$) находится следующим образом.

$$h = k_2 q_e^2 \quad (4)$$

В этом уравнении: k_2 - константа скорости, q_e - количество ионов кобальта, поглощенных в анионообменнике определенной массы (мг/г), t - время (минут)

Результаты и обсуждение

На рис. 1 приведены графические зависимости кинетика сорбции ионов кобальта (II) на синтезированном анионите на основе поливинилхлорида при температура-313К. Из рисунка 1 видно, что с увеличением длительности процесса происходит возрастание удельной сорбции и при этом сорбция в первые два часа прямо пропорциональна продолжительности процесса. Затем скорость процесса замедляется, и равновесие наступает в течение 8 часов.

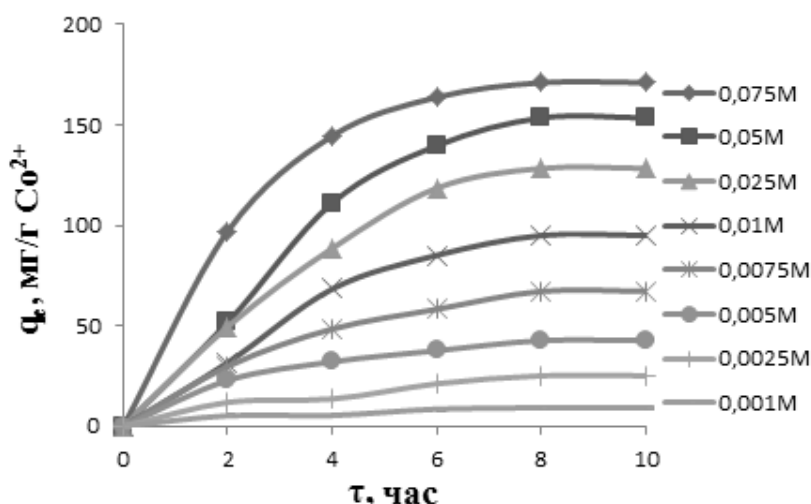


Рисунок 1. Кинетика сорбции ионов $Co(II)$, при температура-313К

На следующем рис. 2 (а и b) показана кинетическая модель сорбции псевдо-первого и второго порядков для ионов кобальта на анионообменной смоле. Кинетические параметры рассчитывались с

использованием представленных графиков. Расчетные кинетические параметры псевдо-первого и второго порядков сорбции ионов кобальта на анионообменнике представлены в таблице 1.

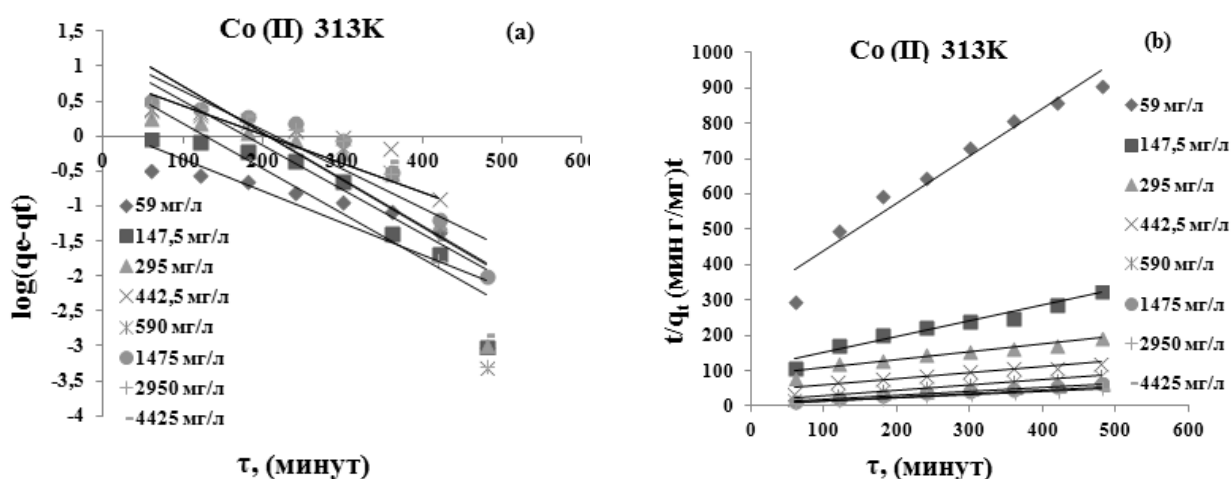


Рисунок 2. Кинетические модели (а) -псевдо-первого порядка и (б) псевдо-второго порядка сорбции ионов $Co(II)$ на анионообменнике

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что кинетика адсорбции ионов $Co(II)$ анионообменной смолой на основе ПВХ в лучшей степени описывается моделью псевдо-второго порядка, по сравнению с моделью псевдо-первого порядка. Сравнение коэффициентов корреляции R^2 для моделей

сорбции первого порядка и второго порядка, показывает, что эти значения сильно различаются, 0,748 и 0,993, соответственно, что свидетельствует, о лучшем описании процесса сорбции ионов кобальта математической моделью кинетики второго порядка.

Таблица 1.

Сравнение кинетических параметров $Co(II)$, адсорбированного на анионообменнике

Ион металла	Псевдо первый порядок					Псевдо второго порядка				
	К, Т	К ₁ мин ⁻¹	q _e мг/г		R ²	К, Т	К ₁ мин ⁻¹	q _e мг/г		R ²
			Экс.	Рас.				Экс.	Рас.	
Co (II)	313	0,0138	107,1	124,5	0,748	0,0018	0,0203	107,1	120,9	0,993
	303	0,0138	72,58	102,8	0,755	0,0016	0,0139	72,58	108,62	0,986
	293	0,0161	64,16	70,9	0,665	0,0011	0,0079	64,16	70,63	0,976

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- сорбция ионов $Co(II)$ из растворов его солей синтезированным анионообменником лучше описывается математической моделью кинетики псевдо-второго порядка;

- на процесс сорбции влияют, как природа сорбируемого иона, так и самого анионита.

- для ионов кобальта максимальная адсорбционная емкость составила 124,5 мг / г.

Список литературы:

1. Krim L, Nacer S, Bilango G. Kinetics of chromium sorption on biomass fungi from aqueous solution. Am J Environ Sci. 2006; 2:27-32. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2006.27.32>.
2. Yisa J. Heavy metals contamination of road deposited sediments. Am J Appl Sci. 2010; 7:1231-1236. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.1231.1236>.
3. Ong MC, Kamruzzaman BY. An assessment of metals (Pb and Cu) contamination in bottom sediment from South China Sea coastal waters. Malaysia Am J Applied Sci. 2009; 6:1418-1423. <https://doi.org/10.3844/AJASSP.2009.1418.1423>.
4. Akpor O. Heavy metal pollutants in wastewater effluents: sources, effects and remediation. Adv Biosci Bioeng. 2014;2(4):37. <https://doi.org/10.11648/j.abb.20140204.11>.
5. Castro L, Blázquez ML, González F, Muñoz JA, Ballester A. Heavy metal adsorption using biogenic iron compounds. Hydrometallurgy. 2018; 179:44-51. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.05.029>.
6. Chajduk-Maleszewska E, Dybczynski R. Effective separation and preconcentration of trace amounts of Pd on Duo-lite ES 346 resin and its use for the determination of Pd by NAA. Anal Chem. 2004;49: 281-297.

7. Foo KY, Hameed BH. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chem Eng J.* 2010; 156:2-10. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.09.013>.
8. Nishat N, Ahmad S, Ahamad T. Synthesis, characterization and antimicrobial studies of newly developed metal-chelated epoxy resins. *Appl Polym Sci.* 2006; 101:1347-1355. <https://doi.org/10.1002/app.23036>.
9. Kiefer R, Wolfgang H. Sorption of heavy metals onto selective ionexchange resins with Aminophosphonate functional groups. *Ind Eng Chem Res.* 2001; 40:4570-4576. <https://doi.org/10.1021/ie010182l>.
10. Chen, G.Q., Zhang, W.J., Zeng, G.M., Huang, J.H., Wang, L.A., Shen, G.L., Surface modified Phanerochaete chrysosporium as a biosorbent for Cr (VI)- contaminated wastewater. *J. Hazard Mater.* 2011. 186, 2138-2143. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.123>
11. D. Bekchanov, H. Kawakita, M. Mukhamediev, S. Khushvaktov, M. Juraev. Sorption of Cobalt (II) and Chromium (III) Ions to Nitrogen- and Sulfur-Containing Polyampholyte on the Basis of Polyvinylchloride. *Polymers for Advanced Technologies.* 2021. Vol. 32 (1). pp. 457-470. <https://doi.org/10.1002/pat.5209>
12. Ho Y.S, McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry,* 1999; 34: 451–465. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(98\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(98)00112-5)
13. Senthil Kumar P, Vincent C, Kirthika K, and Sathish Kumar K. Kinetics and equilibrium studies of Pb²⁺ ion removal from aqueous solutions by use of nano-silversol-coated activated carbon. *Brazilian Journal of Chemical Engineering,* 2010; 27: 339 - 346. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322010000200012>
14. Kowanga KD, Gatebe E, Mauti GO, Mauti EM. Kinetic, sorption isotherms, pseudo-first-order model and pseudo-second-order model studies of Cu (II) and Pb (II) using defatted Moringa oleifera seed powder. *J Phytopharmacol.* 2016;5(2):71-78.