

ВЛИЯНИЕ pH НА АДСОРБЦИЮ КРАСИТЕЛЯ ЭОЗИНА Н С ПОМОЩЬЮ НАНОЧАСТИЦ Al_2O_3

Введение

Быстрый рост индустриализации вызвал крупномасштабное загрязнение водоносных горизонтов, что создает угрозу не только для здоровья населения, но и угрожает жизни многочисленных видов флоры и фауны, вызывая тем самым потерю биоразнообразия. Красители являются опасными загрязнителями сточных вод [1], и для их удаления в большинстве случаев предпочитают адсорбцию [2]. Однако несмотря на то, что адсорбенты просты в эксплуатации, эффективность природных сорбентов значительно уступает синтетическим.

Известны примеры изучения адсорбционных свойств наноматериалов при очистке воды от красителей, включая наночастицы Fe_2O_3 (размер 15 нм) [1] и наночастицы Al_2O_3 (размер 40 нм) [3]. При этом из литературы известно, что pH среды является важным параметром, влияющим на адсорбцию молекул красителя. Так, например, для наночастиц MgO (100 нм) и Fe_2O_3 (100 нм) было показано, что при добавлении в среду ионов OH^- значительно снижается адсорбция антрахинонового синего [4]. Схожие результаты были получены в статье [1], где наилучшие показатели адсорбции антрахинонового синего на поверхности наночастиц Fe_2O_3 (размер 15 нм) были зафиксированы при значении $pH=3$, а при увеличении pH степень адсорбции снижалась.

Несмотря на то, что адсорбенты на основе алюминия давно используются, а наночастицы алюминия обладают низкой стоимостью производства и высокой эффективностью адсорбции, в литературе недостаточно данных по адсорбции красителей на наночастицах оксида алюминия.

Целью работы являлось установить влияние pH на параметры адсорбции красителя на поверхности наночастиц оксида алюминия.

Экспериментальная часть

Для проведения экспериментов использовали наночастицы Al_2O_3 компании Nanostructured & Amorphous Materials (США). Согласно данным производителя частицы, имели состав корунда, среднеповерхностный размер 27...43 нм и удельную поверхность ~ 35 м²/г.

Морфологию частиц определяли с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEM-1400 (Jeol, Япония) при ускоряющем напряжении 120 кВ.

В качестве красителя использовался эозин Н (динатриевая соль 2,4,5,7-тетрабромфлуоресцеина, $C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$, CAS 17372-87-1).

В работе наночастицы с концентрацией 1 г/л выдерживали в 10^{-5} М водном растворе красителя с разным значением рН (4, 7 и 10), создаваемым титрованием 0,1 М растворами HNO_3 и $NaOH$. На протяжении 75 мин из раствора отбирали по 5 мл суспензий для отделения частиц на центрифуге Centrifuge 5702 (Eppendorf, Германия, 4 400 об/мин) в течение 15 мин. В полученном центрифугате измеряли оптическую плотность при 460 нм на спектрофотометре PD-303 (Arel, Япония) и соотносили с концентрацией на калибровочном графике, построенном в диапазоне концентраций 0,5...25 мг/л.

Параметры адсорбции рассчитывали аналогично работе [4]. Для описания кинетики сорбции использовали кинетические модели псевдо-первого и псевдо-второго порядков, которые в линейной форме описываются уравнениями (1) и (2), соответственно:

$$\lg(q_e - q_m) = \lg q_e - k \cdot \frac{t}{2,303} \quad (1)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (2)$$

где t – время контакта, q_e – адсорбционная емкость в равновесии, q_t – адсорбционная емкость во время контакта, k – константа скорости адсорбции.

Результаты и обсуждение

Согласно данным электронной просвечивающей микроскопии исследуемые частицы имеют условно-сферическую форму (рис.1). Частицы склонны образовывать агрегаты, но связь между ними не фазовое, а коагуляционное, что является предпосылкой для эффективной диффузии молекул красителя ко всей поверхности наночастиц.

Установлено, что адсорбционная емкость, достигаемая в момент равновесия, увеличивается при добавлении в раствор H^+ -ионов: так, в ряду рН 4...7...10 емкость составляет 22...7...1 % (таблица 1). Очевидно, что адсорбционные свойства наночастиц зависят от кислотности среды и максимально проявляют себя в кислой среде.

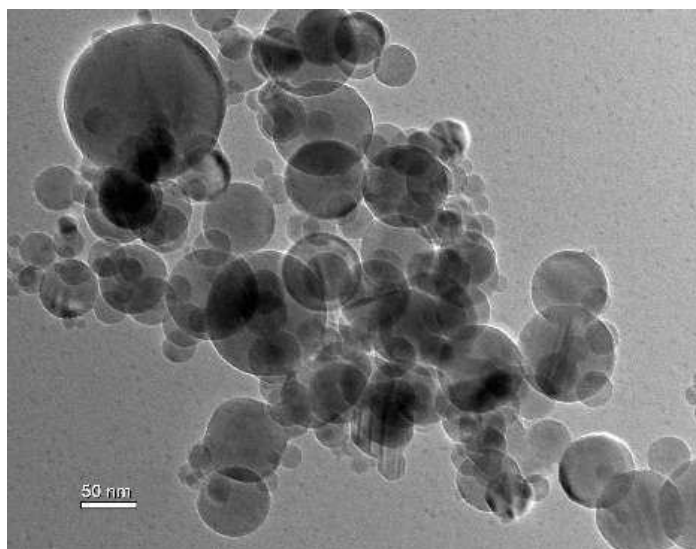


Рисунок 1. Микрофотография наночастиц Al_2O_3 .

Анализ полученных данных показывал, что кинетика адсорбции эозина Н на выбранных частицах Al_2O_3 в кислой и щелочной среде описывается моделью псевдо-второго порядка. Например, при $pH=4$ коэффициент аппроксимации R^2 составляет 0,955 и 0,982 для моделей первого и второго порядка, соответственно (табл. 1). Согласно теории, в рамках модели псевдо-второго порядка скорость процесса сорбции лимитируется реакцией между сорбатом и функциональной группой сорбента в соотношении 1:1.

В нейтральной среде адсорбция красителя описывается моделью псевдо-первого порядка, для которой скорость всего сложного диффузионно-химического процесса сорбции лимитируется межмолекулярными взаимодействиями типа сорбат-сорбат.

Таблица 1. Результаты расчетов адсорбционной емкости и кинетики для моделей псевдо-первого и псевдо-второго порядков

pH	q_e , мг/г	Модель псевдо-первого порядка		Модель псевдо-второго по- рядка	
		R^2	k , мин ⁻¹	R^2	k , г·мг ⁻¹ ·мин ⁻¹
4	21,52	0,955	0,098	0,982	0,278
7	6,75	0,846	0,033	0,407	0,015
10	0,90	0,840	0,025	0,974	0,065

Заключение

Таким образом, в работе было показано влияние pH на параметры адсорбции эозина Н на поверхности наночастиц Al_2O_3 с размером ~40 нм. Проведены расчеты для описания кинетики с помощью моде-

лей псевдо-первого и псевдо-второго порядка. Установлено, что адсорбция при значениях рН 4 и 7 удовлетворительно описывается моделью псевдо-второго, а при рН=10 – псевдо-первопорядка. Показано, что с уменьшением рН адсорбционная емкость наночастиц Al_2O_3 увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Noreen S., Mustafa G., S.M. Ibrahim, S. Naz, Iqbal M., Yaseen M., Javed T., Nisar J. Iron oxide (Fe_2O_3) prepared via green route and adsorption efficiency evaluation for an anionic dye: kinetics, isotherms and thermodynamics studies // *Research and Technology*. – 2020. – Vol.9. – P. 4206-4217.

2. Srinivasan A., Viraraghavan T. Decolorization of dye wastewaters by biosorbents: a review // *Journal of Environmental Management*. – 2010. – Vol.91. – P.1915-1929.

3. Banerjee S., Dubey S., Gautam R.K., Chattopadhyaya M.C., Sharma Y.C. Adsorption characteristics of alumina nanoparticles for the removal of hazardous dye, Orange G from aqueous solutions // *Arabian Journal of Chemistry*. – 2019. – Vol.12. – P.5339-5354

Desai P., Gonawala K., Mehta M. Comparative study for adsorptive removal of coralene blue bfgs dye from aqueous solution by MgO and Fe_2O_3 as an adsorbent // *Journal of Engineering Research and Applications*. – 2014. – Vol.7. – P. 45-56.