

УДК 581.6:582.47:674.8

ДИНАМИЧЕСКАЯ СОРБЦИЯ КАТИОНОВ Cu^{2+} МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОРОЙ *ABIES SIBIRICA* LEDEB. *

© А.В. Семенович

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ул. Академгородок, 50, стр. 28,
Красноярск, 660036 (Россия), e-mail: semenovich_a@ksc.krasn.ru

Рассматривается способность недорогого сорбента – отхода деревообработки – коры пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) извлекать тяжелые металлы из водного раствора. Предложен метод химической модификации коры пихты для получения сорбента. Исследованы закономерности динамической сорбции катионов (на примере Cu^{2+}) из водного раствора модифицированной корой пихты. Полная динамическая обменная емкость сорбента достигала 22,50 мг/г при начальной концентрации Cu^{2+} в растворе 50 мг/дм³ и при минимальной скорости потока раствора через колонку 5 см³/мин. Полная динамическая обменная емкость снижалась с увеличением скорости потока раствора.

Установлено, что модель Томаса подходит для описания кинетических кривых и была применена для определения сорбционной способности колонки в отношении катионов Cu^{2+} . Сравнительный анализ нелинейного метода и линейного методов наименьших квадратов для оценки кинетических параметров выполнен с использованием экспериментальных данных адсорбции катионов Cu^{2+} модифицированной корой пихты при различных скоростях потока. Нелинейный метод наименьших квадратов оказался более подходящим.

Ключевые слова: модифицированная кора, динамическая сорбция.

* Полный текст статьи опубликован: Семенович А.В. Динамическая сорбция катионов Cu^{2+} модифицированной корой *Abies sibirica* Ledeb. // Химия растительного сырья. 2015. №3. С. 161–168. DOI: 10.14258/jcrpm.201503536

Согласно модели Томаса [1] система уравнений, описывающая неравновесную динамику сорбции, включает уравнение изотермической кинетики сорбции/десорбции Ленгмюра. Наряду с сорбцией, осевой и радиальной дисперсии введенного вещества не происходит, так как движущая сила сорбции подчиняется кинетики обратимых реакций II порядка. Однако сорбция часто контролируется межфазным массопереносом, и роль осевой дисперсии может быть значительна, особенно при низких скоростях потока растворов [2–4]. Это несоответствие может внести некоторую ошибку при моделировании сорбции в системах «сорбат–сорбент».

Модель Томаса включает также предположение, что физические свойства твердой и жидкой фазы в сорбционной колонке постоянны, кроме того, в колонке, наполненной сорбентом, присутствуют пустоты слоя сорбента, а неровное обтекание образцов раствором по всему объему колонки приводит к неполному истощению слоя сорбента. Модель применима при изотермическом и изобарном характерах протекания процесса сорбции.

Линейная форма уравнения Томаса [2, 5, 6]:

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_t} - 1\right) = \frac{K_{TH} \cdot q_0 \cdot m}{v} - \frac{K_{TH} \cdot C_0 \cdot V}{v},$$

где K_{TH} – константа в уравнении Томаса, характеризующая скорость массопереноса из жидкой в твердую фазу, мл·мин⁻¹·мг⁻¹; q_0 – максимальное количество Cu^{2+} , удерживаемое сорбентом в колонке, мг/г; m – масса сорбента в колонке, г; C_0 – концентрация Cu^{2+} в исходном растворе, мг/дм³; C_t – концентрация Cu^{2+} в фильтрате, мг/дм³, к моменту времени t , мин; V – объем раствора, очищенного в колонке, дм³; v – скорость фильтрации водного раствора через сорбент, см³/мин.

Список литературы

1. Thomas H.C. Heterogeneous ion exchange in a flowing system // Journal of the American Chemical Society. 1944. Vol. 66, N10. Pp. 1664–1666.
2. Oh M., Tshabalala M.A. Pelletized ponderosa pine bark for toxic heavy metals from water // BioResources. 2007. Vol. 2, N1. Pp. 66–81.
3. Vijayaraghavan K., Prabu D. Potential of *Sargassum wightii* biomass for copper (II) removal from aqueous solution: Application of different mathematical models to batch and continuous biosorption data // Journal of Hazardous Materials. 2006. Vol. 13, N1. Pp. 558–564.
4. Aksu Z., Çağatay S.S. Investigation of biosorption of Gemazol Turquised Blue-G reactive dye by dried *Rhizopus arrhizus* in batch and continuous systems // Separation and Purification Technology. 2006. Vol. 48, N1. Pp. 24–35.
5. Aksu Z., Gonen F. Biosorption of phenol by immobilized activated sludge in a continuous packed bed: prediction of breakthrough curves // Process Biochemistry. 2004. Vol. 39, N5. Pp. 599–613.
6. Han R., Wang Y., Zou W., Wang Y., Shi J. Comparison of linear and nonlinear analysis in estimating the Thomas model parameters for methylene blue adsorption onto natural zeolite in fixed-bed column // Journal of Hazardous Materials. 2007. Vol. 145, N1–2. Pp. 331–335.

Поступило в редакцию 2 декабря 2014 г.

После переработки 27 апреля 2015 г.

Semenovich A.V. DYNAMIC SORPTION OF Cu^{2+} CATIONS BY MODIFIED BARK OF *ABIES SIBIRICA* LEDEB.

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Akademgorodok, 50–28, Krasnoyarsk, 660036 (Russia),

e-mail: semenovich_a@ksc.krasn.ru

This paper presents the ability of a low-cost sorbent, waste wood - fir bark (*Abies sibirica* Ledeb.) to remove of heavy metal from aqueous solution. The method of chemical modification of fir bark has been proposed to obtain this sorbent. Dynamic sorption patterns of Cu^{2+} cations (as example) from water solution by modified bark of fir were studied. The dynamic exchange capacity of modified bark reached 22,50 mg/g for Cu^{2+} cations at the inlet Cu^{2+} concentration of 50 mg/dm³ and at the minimum flow rate of 5 cm³/min. The dynamic exchange capacity decreased with increasing flow rate.

The model Thomas was found to be suitable for describing the breakthrough curves and was applied to determine the sorption capacity of the column for Cu^{2+} cations. Comparison analysis of nonlinear least square method and linear least square method for estimating the kinetic parameters was made using the experimental data of Cu^{2+} cations adsorption onto modified bark of *Abies sibirica* L. at different flow rates. The nonlinear method was found to be more appropriate.

Keywords: modified bark, dynamic sorption.

References

1. Thomas H.C. *Journal of the American Chemical Society*, 1944, vol. 66, no. 10, pp. 1664–1666.
2. Oh M., Tshabalala M.A. *BioResources*, 2007, vol. 2, no. 1, pp. 66–81.
3. Vijayaraghavan K., Prabu D. *Journal of Hazardous Materials*, 2006, vol. 13, no. 1, pp. 558–564.
4. Aksu Z., Çağatay S.S. *Separation and Purification Technology*, 2006, vol. 48, no. 1, pp. 24–35.
5. Aksu Z., Gönen F. *Process Biochemistry*, 2004, vol. 39, no. 5, pp. 599–613.
6. Han R., Wang Y., Zou W., Wang Y., Shi J. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, vol. 145, no. 1-2, pp. 331–335.

Received December 2, 2014

Revised April 27, 2015