

## СОРБЦИЯ КРЕАТИНИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИМИ КООРДИНАЦИОННЫМИ ПОЛИМЕРАМИ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ

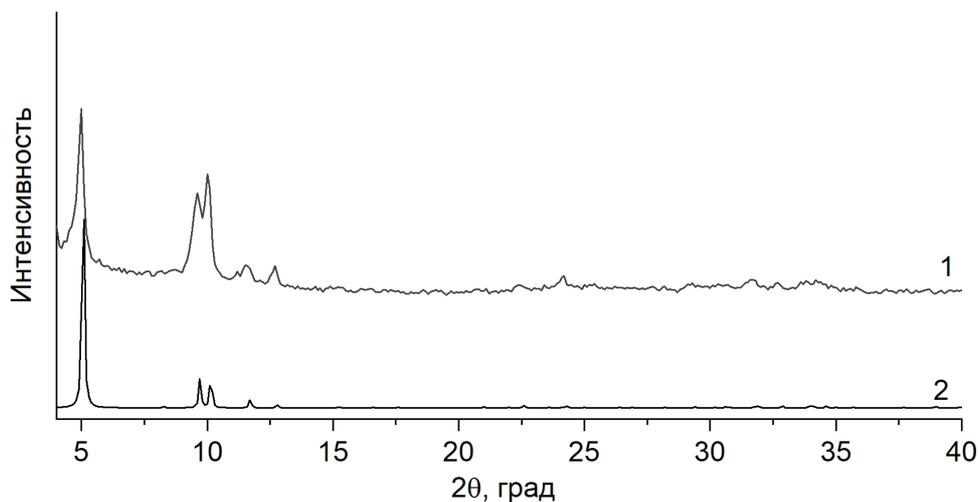
Металл-органические координационные полимеры (МОКП) – это класс соединений, состоящих из ионов металлов или металлических оксокластеров и полидентантных органических лигандов (линкеров). Компоненты МОКП формируют одно-, двух- или трехмерную пространственную структуру, содержащую пустоты. Благодаря этому МОКП обладают чрезвычайно высокой удельной поверхностью, что делает их перспективными материалами для селективной сорбции соединений из газовой и жидкой сред [1].

При хронической почечной недостаточности почки не могут выполнять функцию очищения крови, что приводит к накоплению уремических токсинов; из них к наиболее важным относятся такие вещества как креатинин и мочевины. Существующие на сегодняшний день сорбенты уремических токсинов обладают рядом недостатков. Например, активированный уголь не обладает достаточной селективностью к адсорбции уремических токсинов, что приводит к низкой сорбционной емкости в физиологической среде плазмы крови [2]. Таким образом, создание эффективных сорбционных материалов для портативных гемодиализных аппаратов представляет собой сложную и не решенную до конца научную и практическую задачу.

В данной работе исследованы сорбционные свойства МОКП на основе циркония и тримезиновой кислоты в водных растворах креатинина. МОКП на основе циркония и тримезиновой кислоты (MOF-808) синтезировали согласно [3]. 2,3 г октагидрата цирконилхлорида растворяли в 6,7 мл воды. К раствору добавляли модулятор синтеза, муравьиную кислоту, объемом 13,5 мл и 0,50 г тримезиновой (1,3,5-трикарбоксибензойной) кислоты. Реакционную смесь нагревали до 95 °С и выдерживали 7 ч и постоянном перемешивании. Полученное вещество отмывали 0,1 М раствором формиата натрия, водой и ацетоном, после чего сушили в вакуумном эксикаторе до постоянной массы.

Структуру МОКП подтверждали методом рентгенофазового анализа (Shimadzu XRD-7000,  $\text{Co K}\alpha$ , 1,79 Å). Синтезированные образцы MOF-808 характеризуются преимущественно кристаллической фазой с углами отражения  $2\theta$  5,1°, 9,7°, 10,2°, соответствующие плоскостям с

периодами  $d_{111} = 20,3$  нм,  $d_{311} = 10,6$  нм,  $d_{222} = 10,1$  нм. На наличие аморфной фазы в образцах указывает наличие диффузного гало в области значений  $2\theta$  5-15° (Рис. 1).



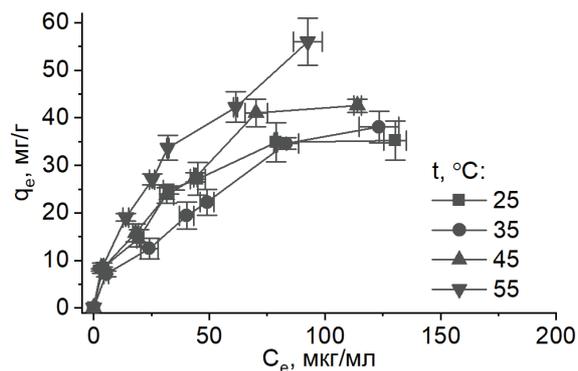
**Рисунок 1 – Рентгеновская дифрактограмма МОКП MOF-808:**  
**1) синтезированный МОКП; 2) результат расчета дифрактограммы**  
**на основе кристаллографических данных**

Сорбцию креатинина из водных растворов синтезированным MOF-808 изучали при температурах 25-55 °С. 10 мг сорбента диспергировали в 5 мл водного раствора креатинина с начальной концентрацией ( $C_0$ ) 20-200 мкг/мл и выдерживали 3 ч при перемешивании. По окончании суспензию фильтровали с помощью шприцевого фильтра и определяли равновесную концентрацию сорбата ( $C_e$ ) методом УФ-фотометрии [4]. Сорбционную емкость МОКП по отношению к креатинину ( $q_e$ ) в мг/г определяли по формуле:

$$q_e = (C_0 - C_e) \cdot 0,5 \quad (1)$$

Изотермы сорбции креатинина синтезированным MOF-808 в водных растворах при различных температурах приведены на Рис. 2. Установлено, что исследованный МОКП обладает сорбционной емкостью к креатинину в диапазоне 35-55 мг/г при  $C_e$ , равной 100-150 мкг/мл. Изотермы адсорбции креатинина при различных температурах соответствуют модели адсорбции Ленгмюра.

На основе полученных данных определены термодинамические характеристики сорбции [5]. Энтальпия и энтропия сорбции креатинина составили  $-14 \pm 4$  кДж/моль и  $37 \pm 7$  Дж/моль·К, соответственно.



**Рисунок 2 – Изотермы сорбции MOF-808 в водных растворах креатинина при различных температурах**

Сравнение сорбционной емкости с традиционными сорбентами на основе активированного угля [6] показывает, что MOF-808 обладает сравнимыми характеристиками сорбции и является перспективным материалом для сорбции уремических токсинов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Water stable metal-organic framework as adsorbent from aqueous solution: A mini-review / Y.-J. Lee [et al.] // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2018. – Vol. 93, Water stable metal-organic framework as adsorbent from aqueous solution. – P. 176-183.
2. Himmelfarb, J. Wearable artificial kidney: problems, progress and prospects / J. Himmelfarb, B. Ratner // Nature Reviews Nephrology. – 2020, Wearable artificial kidney.
3. A Facile “Green” Route for Scalable Batch Production and Continuous Synthesis of Zirconium MOFs / H. Reinsch [et al.] // European Journal of Inorganic Chemistry. – 2016. – Vol. 2016, № 27. – P. 4490-4498.
4. Adams, W.S. New Method for the Determination of Creatinine in Urine by Ion Exchange Separation and Ultraviolet Spectrophotometry. / W.S. Adams, F.W. Davis, L.E. Hansen // Analytical Chemistry. – 1962. – Vol. 34, № 7. – P. 854-856.
5. Ghosal, P.S. Determination of thermodynamic parameters from Langmuir isotherm constant-revisited / P.S. Ghosal, A.K. Gupta // Journal of Molecular Liquids. – 2017. – Vol. 225. – P. 137-146.
6. Adsorption of creatinine on active carbons with nitric acid hydrothermal modification / Y. Cao [et al.] // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2016. – Vol. 66. – P. 347-356.