

АДСОРБЦИЯ АНТИБИОТИКОВ ПИЛЛАРИРОВАННЫМ МОНТМОРИЛЛОНИТОМ

Рысев А.П., Конькова Т.В., Алексеева Ю.С.

*РХТУ им. Д.И. Менделеева, 125480, Россия, Москва, ул. Героев
Панфиловцев, 20. ar@muctr.ru*

Ключевые слова: пилларированный монтмориллонит, очистка сточных вод, жидкофазная адсорбция

Сточные воды медицинских учреждений могут содержать широкий спектр лекарственных препаратов, попадание которых в окружающую среду является нежелательным. Особенно это касается различных классов антибактериальных препаратов, которые, при сбросе в общегородскую канализацию могут приводить к появлению устойчивых к антибиотикам штаммов патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, что в последующем может угрожать здоровью людей.

Целью данной работы являлось изучение возможности использования пилларированного монтмориллонита в качестве недорогого и экологически безопасного адсорбента, для очистки сточных вод от антибиотиков. В качестве модельного загрязнителя был выбран Диоксидин - антибактериальный препарат широкого спектра действия из группы хиноксалинов, содержание которого в растворе определялось спектрофотометрически при $\lambda_{\max} = 360$ нм.

Условия приготовления пилларированного монтмориллонита: модифицирующий раствор получен гидролизом раствора сульфата алюминия, время старения раствора – 7 суток, соотношение Al^{3+} :монтмориллонит=10 ммоль/г, температура прокаливания – 400°C [1].

По результатам элементного анализа (табл. 1), после модифицирования монтмориллонита наблюдается увеличение соотношения Al/Si по сравнению с исходным образцом, а также увеличение значений текстурных характеристик, полученных с помощью метода низкотемпературной адсорбции азота (табл. 2).

Таблица 1. Элементный анализ образцов

Исходный монтмориллонит (масс. %)							
C	O	Na	Mg	Al	Si	Ca	Fe
4,88	56,73	0,52	1,53	7,86	24,21	0,89	3,39
Пилларированный монтмориллонит (масс. %)							
C	O	Na	Mg	Al	Si	Ca	Fe
2,47	66,71	0,19	1,03	10,33	16,85	0,15	2,27

Таблица 2. Текстуальные характеристики образцов

Образец	$S_{БЭТ}$, м ² /г	V_s , см ³ /г	V_m , см ³ /г
Исходный монтмориллонит	73,60	0,075	0,035
Пилларированный монтмориллонит	131,01	0,081	0,065

Аппроксимация кинетической кривой адсорбции моделями псевдо-первого и псевдо-второго порядка, а также моделью Еловича (табл. 3) [2, 3] позволяет предположить, что адсорбция антибиотика обусловлена протеканием поверхностной химической реакции между молекулами адсорбтива и алюмоокислородными нанокластерами (пилларами) адсорбента.

Таблица 3. Параметры кинетических моделей

Модель псевдо-первого порядка	k_1 (мин ⁻¹)	q_e (мг/г) <i>exp.</i>	q_e (мг/г) <i>cal.</i>	R^2
	0,027	2,032	1,875	0,984
Модель псевдо-второго порядка	k_2 (г/(мг·мин))	q_e (мг/г) <i>exp.</i>	q_e (мг/г) <i>cal.</i>	R^2
	0,011	2,032	2,578	0,992
Модель Еловича	α , мг/(г·мин)	β , г/мг		R^2
	0,222	2,004		0,982

Аппроксимация изотермы адсорбции моделями Ленгмюра, Фрейндлиха, а также моделью Дубинина-Радускевича (табл. 4) также показывает, что поглощение адсорбтива происходит по механизму хемосорбции, о чём свидетельствует значение средней свободной энергии адсорбции $8 \text{ кДж/моль} < E = 14,669 \text{ кДж/моль} < 16 \text{ кДж/моль}$ [4].

Таблица 4. Параметры адсорбционных моделей (20°C)

Модель Ленгмюра	R^2	K_L , л/моль	q_{max} , моль/г
	0,993	78,172	$1,56 \cdot 10^{-5}$
Модель Фрейндлиха	R^2	n	β , моль/г
	0,989	2,558	0,001
Модель Дубинина-Радускевича	R^2	k , моль ² /кДж ²	q_{max} , моль/г
	0,998	$2,323 \cdot 10^{-9}$	$8,53 \cdot 10^{-5}$

По результатам проведённого исследования можно сделать вывод, о потенциальной применимости пилларированного монтмориллонита в качестве адсорбента для очистки сточных вод от антибиотиков.

1. Конькова Т.В., Алехина М.Б., Рысев А.П. Журнал физической химии. 2013, Т. 87, № 10, 1785-1790.
2. Лебедева О. В., Сипкина Е. И., Пожидаев Ю. Н. Физикохимия поверхности и защита материалов, 2017, Т. 53, №1, 75–80.
3. Крижановская О.О., Синяева Л.А., Карпов С.И. и др. Сорбционные и хроматографические процессы, 2014, Т. 14. № 5, 784–794.
4. Шумилова М. А., Петров В. Г. Теоретическая и прикладная экология, 2017, №4, 32–38.