

Бразовская Е.Ю., Аликина Ю.А., Василенко Н.М., Голубева О.Ю.
(Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН)

РАЗРАБОТКА СЕЛЕКТИВНЫХ ГЕМОСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОРИСТЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

В настоящее время большое внимание уделяется разработке биоспецифических гемосорбентов для избирательной адсорбции токсичных веществ белкового происхождения, накапливающихся в организме при онкологических, иммунных, инфекционных и других заболеваниях (прионы, провоспалительные цитокины, продукты вирусов и бактерий и др). Известно, что такие патогенные соединения относятся к белкам средней молекулярной массы.

Для создания биоспецифических гемосорбентов обычно используют углеродные материалы различной природы, но чаще всего используют активированный уголь. Однако из-за отсутствия селективности в процессе гемосорбции на угольных сорбентах наряду с патологическими компонентами удаляется часть физиологически значимых метаболитов, такие как ионы калия и натрия, а также витамин В1.

Указанная проблема может быть решена при использовании синтетических алюмосиликатных матриц с заданными характеристиками, обладающие высокой степенью химической чистоты, высокими сорбционными характеристиками, определенной морфологией, гемосовместимостью за счет отсутствия в них примесных фаз, селективностью и пористостью в широком диапазоне (от нано- до мезо- и макропор), позволяющие осуществлять адсорбцию молекул разного размера.

Целью исследования было сравнение адсорбционной способности синтетических алюмосиликатов с различной морфологией по отношению к альбумину, а именно каркасные цеолиты со структурой Beta, Rho, Fau и Y; слоистые монтмориллониты (ММТ) с разной степенью замещения алюминия (0, 0,2, 1,0) и каолинит со сферической ($K_{сф}$) и пластинчатой ($K_{п}$) морфологией. Для сравнения в таблице 1 приведены данные по адсорбции альбумина на активированном угле (АУ). Для проведения экспериментов по сорбции был использован человеческий сывороточный альбумин, моделирующий токсичные среднемолекулярные соединения белковой природы в биологических средах. Размер молекулы альбумина составляет 37нм x 0,8 x нм 0,7 нм.

Пористые алюмосиликаты разнообразных структур с заданными характеристиками были получены путем направленного гидротермального синтеза. Перед проведением испытаний образцы цеолитов были переведены в водородную форму. Используя различные физико-химические методы, такие как рентгенофазовый анализ, сканирующую электронную микроскопию, низкотемпературную адсорбция азота были получены данные о структуре и текстуре синтезированных образцов.

Таблица 1. Значение адсорбции альбумина от времени контакта, мг/г

Образец	Химическая формула	Время контакта, ч	
		2	4
H-Beta	[Al ₇ Si ₅₇ O ₁₂₈]	31,0	37,2
H-Rho	[Al ₁₂ Si ₃₆ O ₉₆]	0	0
H-Pau	[Al ₁₅₂ Si ₅₂₀ O ₁₃₄₄]	9,14	15,6
H-Y	[Al ₅₈ Si ₁₃₄ O ₃₈₄]	0	0
ММТ (Al ₀)	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .H ₂ O	48,5	128,3
ММТ (Al _{0,2})	Na _{1.8} Al _{0.2} Mg _{1.8} Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .H ₂ O	56,6	62,1
ММТ (Al _{1,0})	Na _{1.0} Al _{1.0} Mg _{1.0} Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ .H ₂ O	78,1	105,44
K _{сф}	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ nH ₂ O	37,3	54,5
K _п	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ nH ₂ O	18,5	29,8
АУ	C	13,8	16,2

Из испытанных сорбентов образец ММТ (Al₀) показал наиболее эффективную адсорбцию альбумина течение 4 часов (128,3 мг/г). В целом, адсорбция альбумина на синтетических образцах была значительно выше, чем на активированном угле (16,3 мг/г). Низкую же адсорбцию на цеолитах можно объяснить их небольшим размером пор по сравнению с молекулой альбумина. Цеолит Rho и Pau имеют наименьший размер входных окон, образованных 8-членным кислородными кольцами 3,6 x 3,6 Å. Входные окна цеолита Beta и Y образованы 12-членными кислородными кольцами и составляют 6,6 x 6,7 и 5,6 x 5,5 Å для цеолита Beta и 7,4 x 7,4 Å для Y. В перспективе цеолиты могут оказаться более подходящими материалами для адсорбции низкомолекулярных белков, например, окситоцина с размером молекулы 16 x 8 x 7 Å.

Таким образом, по результатам исследования сорбционной емкости в отношении среднемoleкулярных токсичных веществ белкового происхождения можно сделать вывод, что синтетические пористые алюмосиликаты обладают рядом преимуществ по сравнению с самым распространенным гемосорбентом – активированным углем.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-23-00227, <https://rscf.ru/project/22-23-00227/>.