

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 3, Number 423 (2017), 87 – 95

E.T. Talgatov¹, A.S. Auezhanova¹, N.Zh. Tumabaev¹,
U.N. Kapysheva², Sh.K. Bakhtiyarova², A.K. Zharmagambetova¹

¹D.V.Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan²Institute of Human and Animal Physiology, Almaty, KazakhstanE-mail: e.talgatov@ifce.kz, unzira@inbox.ru

SYNTHESIS OF HYBRID ENTEROSORBENTS BASED ON MONTMORILLONITE AND POLYETHYLENEGLYCOL

Abstract. This article describes results of obtaining of hybrid composites based on polyethyleneglycol (PEG) and natural montmorillonite (MMT) of the Tagan deposit (East Kazakhstan). The obtained composites have been synthesized to further use as enterosorbents for removal of heavy metals from living organisms. The hybrid composites were obtained by adsorption of PEG on MMT from water solution. PEG amount added to MMT (1 g) was varied from 0.02 to 4.00 g to prepare composites with different polymer contents. The completeness of loading of PEG on the natural sorbent was determined by change in viscosity of mother liquor after sorption. It was shown that 1 g of MMT is able to adsorb not more than 0.57 g of polymer. As a result, composites with 1.8 to 36.6% polymer content were obtained. Coating of surface of MMT with PEG was confirmed by change of morphology (SEM) and textural properties (BET) of MMT. Chemisorption of PEG on MMT was found by shifting of absorption bands of PEG functional groups in IR-spectra of composites. XRD study of the prepared composites has showed the shifting on basal spacing in the patterns of the composites indicating intercalation of the polymer into the MMT interlayers. The study of Cd^{2+} and Pb^{2+} ions sorption on hybrid composites indicated that immobilization of 1.8% of PEG on MMT helps to increase their sorption capacity from 5.9 to 6.9 mg/g by Cd and from 8.4 to 9.3 mg/g by Pb. The synthesized 1.8% PEG/MMT hybrid composites have demonstrated the good detoxification properties in the intoxication of laboratory rats with cadmium ions.

Key words: hybrid composite, enterosorbent, detoxification, cadmium, montmorillonite, polyethyleneglycol.

УДК 661.183.4; 544.72; 615.916; 616-099-02

Э.Т. Талгатов¹, А.С. Ауезханова¹, Н.Ж. Тумабаев¹,
У.Н. Капышева², Ш.К. Бахтиярова², А.К. Жармагамбетова¹

¹Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В.Сокольского, Алматы, Казахстан;²Институт физиологии человека и животных, Алматы, Казахстан

СИНТЕЗ ГИБРИДНЫХ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА И ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Аннотация. В работе представлены результаты получения гибридных композитов на основе полиэтиленгликоля (ПЭГ) и природного монтмориллонита Таганского месторождения Восточно-Казахстанской области (ММТ) с целью применения их в качестве энтеросорбентов для выведения ионов тяжелых металлов из живых организмов. Гибридные композиты получали путем адсорбции ПЭГ из водного раствора на ММТ. Для получения серии композитов с разным содержанием ПЭГ количество вводимого к 1 г ММТ полимера варьировалось от 0,02 до 4,00 г. Полноту закрепления ПЭГ на природном сорбенте определяли по изменению вязкости маточного раствора после сорбции. Было показано, что 1 г ММТ способен адсорбировать не более 0,57 г полимера. В результате были получены композиты с 1,8- 36,6% содержанием полимера. Методами СЭМ и БЭТ было показано, что полиэтиленгликоль покрывает поверхность алюмосиликата, изменяя его морфологию и текстурные характеристики. С помощью ИК-

спектроскопии, по смещению полос поглощения функциональных групп полиэтиленгликоля, было установлено, что модификация ММТ полимером осуществляется за счет хемосорбции. Результаты рентгенофазового анализа полученных композитов показали смещение базального (001) рефлекса, что свидетельствует об интеркаляции полимера в межслоевое пространство алюмосиликата. Исследование сорбции ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} на полученных гибридных композитах показало, что модификация слоистого силиката минимальным количеством (1,8% масс.) полиэтиленгликоля способствует повышению его сорбционной емкости с 5,9 до 6,9 мгCd/г и с 8,4 до 9,3 мгPb/г. Было показано, что разработанный гибридный композит, содержащий 1,8% масс. полиэтиленгликоля, проявляет выраженные деинтоксикационные свойства в условиях интоксикации лабораторных крысами кадмием.

Ключевые слова: гибридный композит, энтеросорбент, деинтоксикация, кадмий, монтмориллонит, полиэтиленгликоль.

Введение

В последние годы стремительно развиваются технологии по созданию новых полимер-силикатных композиций. Причиной такого интереса исследователей является то, что взаимодействие органических полимеров и слоистых силикатов на молекулярном уровне способствует улучшению или появлению у нового материала таких свойств как, повышенная прочность, термостойкость, электропроводность, УФ-экранирование, барьерные и другие свойства. В результате такие композиты находят широкое практическое применение в различных областях науки и техники [1-3].

Обычно в синтезе полимер-силикатных композиционных материалов используют алюмосиликаты относящиеся к одному и тому же общему семейству слоистых алюмосиликатов или филлосиликатов. Кристаллическая решетка филлосиликатов состоит из тонких монослоев, которые, налагаясь друг на друга, образуют слоистые стопки [4]. К такому типу структур относятся природная монтмориллонитовая глина (ММТ) Таганского месторождения Восточно-Казахстанской области, которая зарекомендовала себя как эффективный сорбент-деинтоксикант [5].

В настоящей работе мы исследовали влияние полиэтиленгликоля (ПЭГ) как модификатора на структуру и свойства ММТ. Принимая во внимание не токсичность и биосовместимость этого полимера [6] и то, что ПЭГ используется для получения полимер-силикатных композитов биомедицинского назначения [7-9], нами предложено исследовать полученные ПЭГ/ММТ композиты в качестве энтеросорбентов для нейтрализации токсического действия кадмия.

Экспериментальная часть

В качестве компонентов гибридных композитов были взяты монтмориллонит Таганского месторождения (Восточный Казахстан) и полиэтиленгликоль молекулярной массой 6000 Да. Для исследования сорбционных свойств полученных композитов были взяты соли тяжелых металлов квалификации «ч.д.а.»: нитрат свинца – $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и хлорид кадмия – CdCl_2 . Для определения концентрации ионов кадмия и свинца в растворах фотометрическим методом использовался органический реагент ПАР (4-(2-пиридилазо) резорцин) [10].

Для получения органо-неорганических композитов к суспензиям ММТ (1г в 10 мл дист. воды) по каплям добавляли по 20 мл водных растворов полимера с концентрацией ПЭГ от 0,1 до 20%. Количество вводимого полимера (концентрации растворов) бралось из расчета на получение серии композитов с содержанием ПЭГ от 2 до 80% масс. Полученные смеси перемешивались в течение 2 часов при комнатной температуре и постоянном перемешивании, а затем отстаивались в маточном растворе в течение суток. После чего осадок промывали дистиллированной водой и сушили на воздухе. Количество адсорбированного на ММТ полимера определяли по изменению концентрации ПЭГ в маточном растворе методом градуировочного графика (рисунок 1).

Определение вязкости растворов проводили на вискозиметре Убеллоде ($k = 0.001077 \text{ мм}^2/\text{с}^2$) в термостатической ячейке при температуре $25^\circ\text{C} \pm 0,1^\circ\text{C}$.

Полученные гибридные композиты были исследованы комплексом физико-химических методов исследования. Морфологию и структуру поверхности образцов исследовали на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JSM-6610 LV (Jeol, Япония). Удельную поверхность и пористость определяли методом БЭТ на приборе ACCUSORB (Micromeritics, США). ИК-спектры образцов записывались с таблеток KBr (1 мг в 100 мг) на ИК-Фурье спектрометре IMPACT 410 (Nicolet, США). РФА анализ проводили на рентгеновском дифрактометре X'Pert MPD PRO (PANalytical, Голландия).

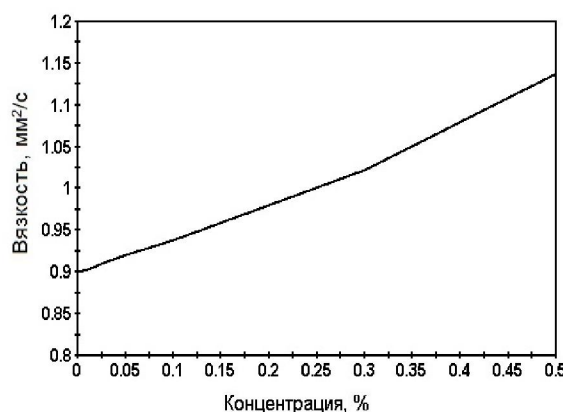


Рисунок 1 – Градуировочный график для определения концентраций ПЭГ в маточных растворах

Исследование сорбционных свойств композитов проводили по следующей методике: к 0,1 г сорбента добавляли 10 мл воды и перемешивали до образования однородной суспензии. К полученной суспензии по каплям добавляли HCl до pH 2,5 и затем приливали 10 мл раствора концентрации металла (Cd^{2+} или Pb^{2+}) 100 мг/л. Адсорбцию проводили 4 часа в статических условиях. После чего осадок отделили от раствора фильтрацией. Содержание ионов кадмия и свинца в полученном фильтрате определяли на спектрофотометре СФ-2000 по методике, представленной в работе [10].

Деинтоксикационные свойства сорбентов оценивали по изменению биохимических показателей крови экспериментальных животных. Исследование проводили на лабораторных крысах, весом 220 ± 10 грамм, в соответствии с правилами содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами, изложенными в книге «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными» (Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Минск, 2014).

Всего было 4 группы животных по 8 половозрелых крыс в каждой группе. Всегруппы животных, кроме контрольной, принимали в условиях *in vivo* хлорид кадмия в дозе 0,5 мг/кг массы тела, после чего давали с водой сорбенты из расчета 28,6 мг/кг в течении 14 суток. Распределение животных по группам: 1 – контрольная; 2- группа, принимавшая CdCl_2 ; 3 и 4 - группы крыс, принимавшие сорбенты на фоне интоксикации кадмием.

Кровь у экспериментальных крыс брали из хвостовой вены. Содержание общего белка, альбумина, глюкозы, холестерина в плазме крови крыс определяли тест-наборами на биохимическом анализаторе Sismex. Ферментативный анализ активности аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспаратаминотрансферазы (АСТ) и щелочной фосфатазы (ЩФ) определяли с применением стандартных коммерческих реактивов на автоматическом биохимическом анализаторе А-25 BioSystems (Испания) [11,12].

Результаты и обсуждение

Композиты с разным содержанием ПЭГ готовили путем адсорбции полимера из водного раствора на ММТ. Содержание полимера в полученных композитах определяли по изменению вязкости маточного раствора до и после сорбции (таблица 1).

Так, согласно данным таблицы 2, в спектрах полученных композитов в области $2800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$ проявлялись полосы поглощения валентных колебаний --CH-- групп ПЭГ. Кроме того, смещение полос поглощения валентных ($3000\text{--}3700\text{ см}^{-1}$) и деформационных ($1200\text{--}1400\text{ см}^{-1}$) колебаний --OH-- групп ПЭГ свидетельствовали о хемосорбции полимера через взаимодействие этих групп с поверхностью сорбента [13]. Следует отметить, что незначительный сдвиг некоторых полос, характерных для групп Al--O и Si--O , также указывает на взаимодействия между органической и неорганической составляющей композита [14].

Было показано, что с увеличением количества вводимого к 1 г ММТ полиэтиленгликоля с 0,02 до 0,67 г содержание полимера в композите растет практически пропорционально при этом наблюдается относительно незначительное снижение степени адсорбции ПЭГ (таблица 1) на неорганическом сорбенте. В результате были получены ПЭГ/ММТ композиты, содержание пек-

тина в которых, не значительно отличалось от расчетных данных (2, 5, 10, 20 и 40%,) и составляло 1,8; 4,3; 8,5; 17,0 и 34,3%, соответственно. С увеличением количества вводимого ПЭГ до 4,0 г наблюдалось резкое уменьшение адсорбции полимера алюмосиликатом (с 78 до 14,4%), при этом был получен ПЭГ/ММТ композит с 36,6% содержанием полиэтиленгликоля. Все это свидетельствует о том, что введение более 0,67 г ПЭГ к 1 г ММТ (или 40% от массы получаемого композита) является не целесообразным (рисунок 2).

Таблица 1 - Адсорбция ПЭГ на ММТ при температуре 25°C

Количество вводимого ПЭГ к 1 г ММТ		ν (р-ра) после сорбции, мм ² /с	m(ПЭГ) в р-ре после сорбции, г	m(ПЭГ) адсорб., г	Степень адсорб., %	Сод-е ПЭГ, %
m(ПЭГ), г	w(ПЭГ)*, %					
0,0204	2	0,9007	0,0016	0,0188	92,2	1,8
0,0526	5	0,9063	0,0075	0,0451	85,7	4,3
0,1111	10	0,9185	0,0179	0,0932	83,9	8,5
0,2500	20	0,9432	0,0457	0,2043	81,7	17,0
0,6666	40	1,0400	0,1440	0,5226	78,4	34,3
4,0000	80	1,7200	3,4236	0,5764	14,4	36,6

Примечание: * - массовая доля вводимого полимера от суммы масс всех вводимых компонентов композита (ПЭГ+ММТ), %

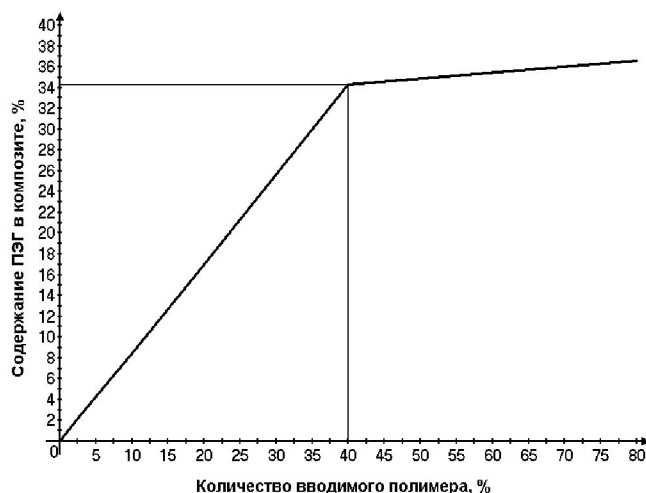


Рисунок 2 – Зависимость закрепления ПЭГ на ММТ от количества вводимого полимера

Присутствие полимеров в составе полученных композитов подтвердилось данными ИК-спектроскопии (таблица 2).

Таблица 2 – Данные ИКС исследованных образцов

Образец	ν OH	ν CH	δ CH δ OH	ν C-C ν C-O	ν Si-O ν Al-O
ПЭГ	3418	2951 2888	1470 1356 1293 1242	1153 1127 1070	
ММТ	3630 3430	-		-	1030 914 527 472
ПЭГ/ММТ	3626 3427 3200	2925 2878	1460 1351 1309 1252	перекрыт сигналом ММТ	1039 920 530 468

Модификация ММТ полиэтиленгликолем способствует изменению морфологии и структуры поверхности минеральной глины (рисунок 3).

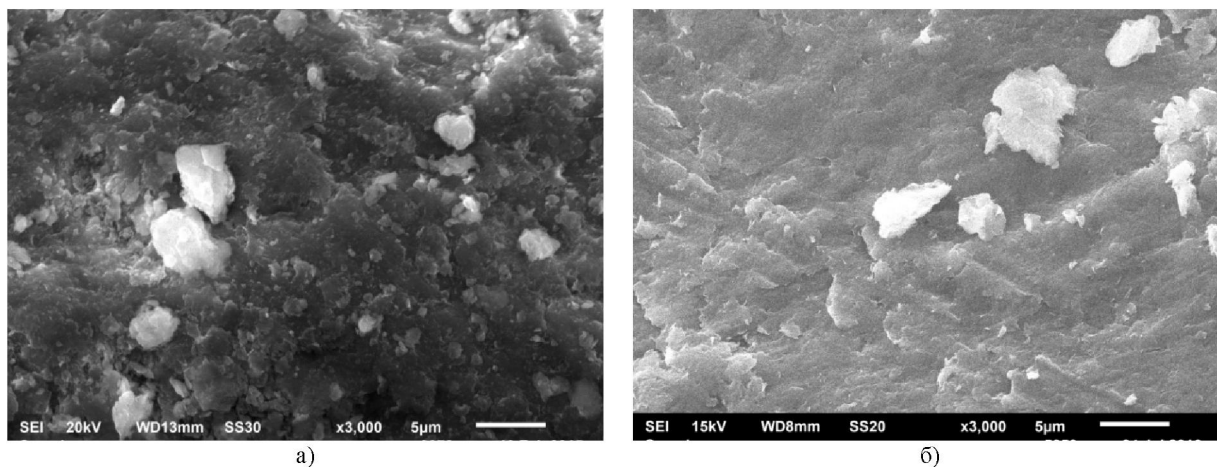


Рисунок 3 – Микрофотографии СЭМ исходного (а) и модифицированного полиэтиленгликолем (б) ММТ

СЭМ снимки исходного ММТ показали, что для минеральных частиц характерна анизометрическая форма. При этом глинистый минерал представляет собой ассоциации тонких изогнутых листочков алюмосиликата, контактирующие по базисным плоскостям, что приводит к образованию микроагрегатов. Граница между микроагрегатами прослеживается плохо, и один микроагрегат постепенно переходит в другой (рисунок 3,а) [15]. Модификация ММТ полимером приводит к изменению морфологии поверхности. Поверхность гибридных материалов более однородная, представляющая собой наложенные друг на друга листы и микроагрегаты сорбента, покрытые слоем полимера (рисунок 3,б).

Можно предположить, что структура ММТ становится более однородной из-за взаимодействий, протекающих между полимером и алюмосиликатом. В процессе получения гибридных материалов готовится водная суспензия сорбента и, вероятно, при разбавлении изогнутые листы алюмосиликата выпрямляются. При добавлении раствора полимера к суспензии возможно «сцепление» выпрямленных слоев минеральной глины, за счет образования водородных связей и специфических химических взаимодействий между полимером и сорбентом (см. таблица 2).

Исследование текстурных характеристик гибридных композитов также свидетельствовало о том, что поверхность глинистого минерала покрыта полимером. Так, удельная поверхность ММТ ($100,7 \text{ м}^2/\text{г}$) при нанесении на него полимера снижалась на 23,5-54,7 % (таблица 3).

Таблица 3 - Удельная поверхность ММТ и ПЭГ-содержащих гибридных композитов

Образец	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	Доля заблокированной поверхности, %
ММТ	100,7	-
1,8%ПЭГ6000/ММТ	77,0	23,5
4,3%ПЭГ6000/ММТ	69,9	30,6
8,5%ПЭГ6000/ММТ	52,4	48,0
17,0%ПЭГ6000/ММТ	46,2	54,1
34,3%ПЭГ6000/ММТ	45,6	54,7

Кривые распределения пор по размерам показали, что полимер адсорбируется на порах алюмосиликата радиусом от 25 до 50 Å (рисунок 4).

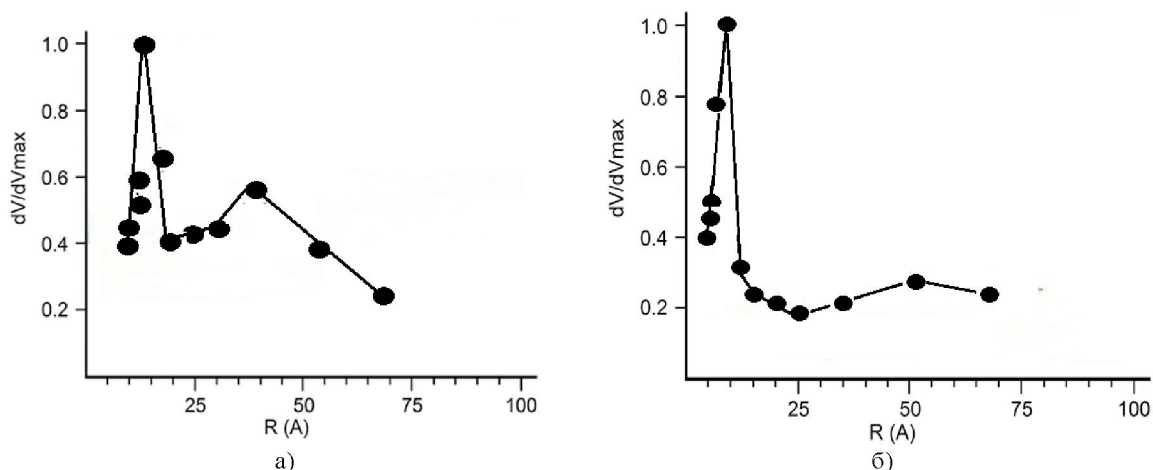


Рисунок 4— Распределение пор по размерам ММТ(а) и 1,8%ПЭГ/ММТ (б) композита

Дополнительные исследования структуры композитов были проведены методом рентгенофазового анализа, который широко применяется в исследовании глинистых минералов и их композитов [16, 17].

На дифрактограмме полученного 1,8%ПЭГ/ММТ гибридного композита (рисунок 5,б) наблюдается появление нового (001) рефлекса при $2\theta = 6,2^\circ$, указывающего на образование новой структуры ($d_{001} = 14,3 \text{ \AA}$). Это, вероятно, связано с интеркаляцией полимера в межслоевое пространство алюмосиликата. Дальнейшее увеличение содержания ПЭГ в композите до 4,3% и 8,5% сопровождается исчезновением рефлекса при $2\theta = 7,0^\circ$, характерного для исходного ММТ (рисунок 5, а), что свидетельствует о полном заполнении межслоевого пространства слоистого силиката молекулами полимера (рисунок 5, в и г) [18].

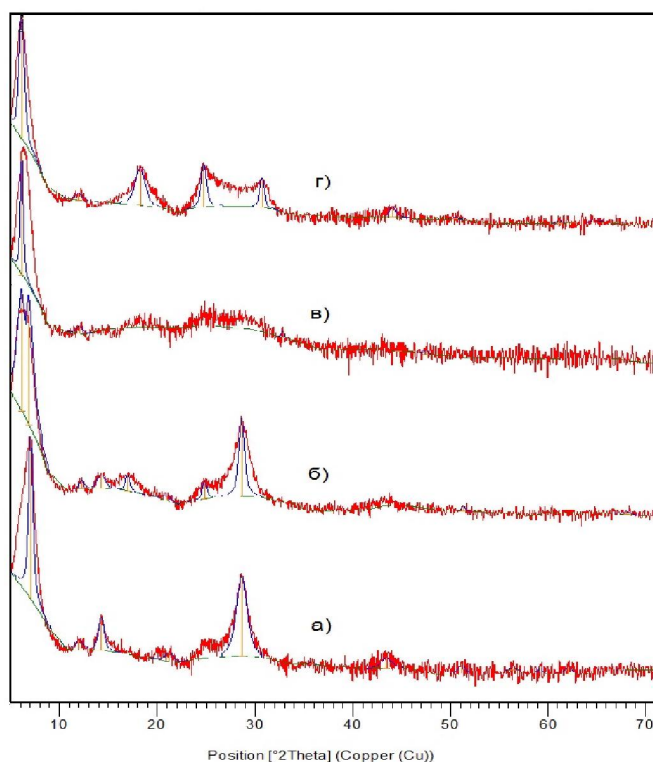


Рисунок 5 - Дифрактограммы ММТ (а), 1,8%ПЭГ/ММТ (б), 4,3%ПЭГ/ММТ и 8,5%ПЭГ/ММТ композитов

Исследование сорбционных свойств, полученных ПЭГ/ММТ гибридных композитов по отношению к ионам кадмия (Cd^{2+}) и свинца (Pb^{2+}), показало, что модификация минеральной глины минимальным количеством (1,8% масс.) полимера способствует увеличению сорбционной емкости сорбента с 5,9 до 6,9 мг/г по кадмию и с 8,4 до 9,3 мг/г по свинцу. Дальнейшее увеличение содержания ПЭГ в полученных композитах ухудшало их сорбционные свойства, то есть максимальная адсорбция кадмия (70,8%) и свинца (95,0%) наблюдалась на 1,8% ПЭГ/ММТ гибридном сорбенте (таблица 4).

Таблица 4 - Сорбция ионов тяжелых металлов на ПЭГ/ММТ композитах зависимости от содержания полимера

Сод-е ПЭГ, %	Масса сорбента, мг		C(Me^{2+}) в р-ре до сорбции, мг/л		C(Me^{2+}) в р-ре после сорбции, мг/л		Степень адсорбции, %		Емкость сорбента, мг/г	
	Cd^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}	Pb^{2+}
0	103,5	102,3	50	50	19,3	7,0	61,4	86,0	5,9	8,4
1,8	102,3	102,1	50	50	14,6	2,5	70,8	95,0	6,9	9,3
4,3	101,8	101,5	50	50	16,4	4,1	67,2	91,8	6,6	9,0
8,5	102,2	101,3	50	50	18,2	4,8	63,6	90,4	6,2	8,9
17,0	101,2	101,8	50	50	20,1	5,9	59,8	88,2	5,9	8,7
34,3	102,4	102,3	50	50	22,0	7,8	56,0	84,4	5,5	8,3
36,6	101,6	102,1	50	50	24,9	8,2	50,2	83,6	4,9	8,2

Полученный 1,8% ПЭГ/ММТ композит был испытан в качестве сорбента-деинтоксиканта на лабораторных крысах, отравленных хлоридом кадмия, в сравнении с исходным ММТ. Критерием эффективности применения сорбентов (ММТ и 1,8% ПЭГ/ММТ) в условиях интоксикации крыс солью кадмия служили изменения биохимических показателей в плазме крови.

Было показано, что прикадмиевой интоксикации крыс наблюдается значительное снижение уровня переносимых веществ в плазме крови – белка, альбумина, глюкозы и резкое повышение холестерина. После применения сорбентов на фоне кадмиевой интоксикации уровень белка, альбумина и глюкозы снижался по сравнению с контролем менее значительно, а уровень холестерина колебался в пределах контрольных данных. Это свидетельствует о протекторном эффекте данных сорбентов (таблица 5).

Таблица 5- Влияние приема сорбентов на содержание общего белка, альбумина, глюкозы и холестерина в плазме крови крыс на фоне кадмиевой интоксикации

№	Группа	Биохимический показатель			
		общий белок г/л	альбумин г/л	глюкоза ммоль/л	холестерин ммоль/л
1	Контроль	56,26±0,28	17,45±0,07	4,89±0,01	1,98±0,01
2	CdCl_2	43,32±2,08*	10,93±1,23*	3,34±0,04*	2,46±0,11*
3	Cd^{2+} +ММТ	51,56±0,09	14,19±1,56*	4,55±0,14	1,91±0,08*
4	Cd^{2+} +1,8% ПЭГ/ММТ	52,89±7,96	13,87±1,24*	4,62±0,24	2,11±0,16*

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с контрольными данными

Таблица 6 - Влияние приема сорбентов на содержание ферментов в плазме крови крыс при кадмиевой интоксикации

№	Группа	Биохимический показатель			
		АЛТ ед/л	АСТ ед/л	АСТ/АЛТ	ЩФ ед/л
1	Контроль	94,28±1,35	258,02±4,08	2,73	881,97±28,57
2	CdCl_2	142,59±24,8*	328,22±33,21*	2,30	953,45±10,75*
3	Cd^{2+} +ММТ	103,04±3,97*	278,63±4,33	2,70	884,54±48,49
4	Cd^{2+} +1,8% ПЭГ/ММТ	100,52±1,14*	278,02±1,51	2,76	883,13±57,58

Примечание: * - $P \leq 0,05$ по сравнению с контрольными данными

Аналогичные результаты были получены при анализе ферментативного состава крови. Биохимический анализ плазмы крови после интоксикации животных кадмием выявил значительное повышение активности в плазме крови таких энзимов, как аланинаминотрансферазы (АЛТ),

аспаратаминотрансферазы (АСТ), щелочная фосфатаза (ЩФ), что свидетельствует о поражении гепатоцитов печени ионами кадмия [19]. После приема сорбентов на фоне кадмиевой интоксикации увеличение уровня АЛТ, АСТ и ЩФ в плазме крови крыс было не значительным (таблица 6).

Таким образом, было показано, что ПЭГ, взаимодействуя своими функциональными группами с гидроксильными группами ММТ, не только формирует на поверхности глинистого минерала макромолекулярный слой, но и внедряется в межслоевое пространство слоистого алюмосиликата. Модификация ММТ небольшим количеством полиэтиленгликоля (1,8% масс.) способствовало улучшению сорбционных свойств природной глины по отношению к ионам тяжелых металлов почти на 10% (с 61,4 до 70,8% по Cd^{2+} и с 86,0 до 95,0% по Pb^{2+}). Однако испытание данного гибридного сорбента (1,8%ПЭГ/ММТ) в качестве деинтоксиканта в условиях интоксикации крыс солью кадмия показало не значительное улучшение его сорбирующей способности относительно исходного ММТ. Это, вероятно, связано особенностью ионов кадмия быстро проникать в клетки органов живых организмов, разрушая их [20].

Работа выполнена в рамках научного гранта КН МОН РК на 2015-2017 годы по теме 1782/ГФ4 «Создание новых гибридных энтеросорбентов на основе природного монтмориллонита Таганского месторождения и природных и синтетических полимеров (пектин, полиэтиленгликоль)».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jeon I.-Y., Baek J.-B. Nanocomposites Derived from Polymers and Inorganic Nanoparticles // Materials. – 2010. – V.3. – P. 3654-3674.
- [2] Sinha Ray S., Okamoto M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing // Progress in polymer science. – 2003. – V.28. – P.1539-1641.
- [3] Mittal V. Polymer Layered Silicate Nanocomposites: A Review // Materials. – 2009. – V.2. – P. 992-1057.
- [4] Чвалун С. Н., Новоклонова Л. А., Коробко А. П., Бревнов П. Н. Полимер-силикатные наноконкомпозиты: физико-химические аспекты синтеза полимеризацией *in situ* // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т.7., № 5. – С. 52-57.
- [5] Жаксылыкова А.К. Ультроструктурные изменения паренхимы печени после кадмиевой интоксикации коррекции Тагансорбентом // Бюллетень СО РАМН. – 2005. – Т. 115., №1. – С. 66-69.
- [6] Zhang M., Li X.H., Gong Y.D., Zhao N.M., Zhang X.F. Properties and biocompatibility of chitosan films modified by blending with PEG // Biomaterials. – 2002. V. 23. – P. 2641-2648.
- [7] Campbell K., Craig D.Q.M., McNally T. Poly(ethylene glycol) layered silicate nanocomposites for retarded drug release prepared by hot-melt extrusion // International Journal of Pharmaceutics. – 2008. – V. 363. – P. 126-131.
- [8] Kohay H., Sarisozen C., Sawant R., Jhaveri A., Torchilin V.P., Mishael Y.G. PEG-PE/clay composite carriers for doxorubicin: Effect of composite structure on release, cell interaction and cytotoxicity // Acta Biomaterialia. – 2017. - DOI: 10.1016/j.actbio.2017.04.008.
- [9] Zende del M., Afrouzi H., Sahra kar F., Khoeini M., Shapouri M.R. Synthesis, Characterize and Study Controlled Release of Ibuprofen From the new PEG/NaY and PEG/MCM-41 nanocomposites // Journal of Novel Applied Sciences. – 2013. – V. 2. – P. 812-820.
- [10] Шачнева Е.Ю., Поляков О.А. Сорбционно-фотометрическое определение свинца и кадмия в промышленных объектах // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – Т.5., №2. – С. 172-175.
- [11] Смагулова З.Ш., Макарушко С.Г., Ефанова Е.С., Тапенов К.Т. Влияние альфа-липоевой кислоты на показатели липидного обмена в плазме и в смывах с эритроцитов крови крыс разного возраста // Известия НАН РК, сер.биол. – 2014. – №3. – С.95-99.
- [12] Гареев Р.А. Концепция абсорбционно-транспортной функции эритроцитов // Мат-лы 5 съезда физиологов Казахстана. – Караганда, 2003. – С. 75-79.
- [13] Браун Д., Флорид А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ / пер. с англ. – М.: Мир, 1992. – 300 с.
- [14] Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1966. – 411 с.
- [15] Каспржицкий А.С., Морозов А.В., Лазоренко Г.И., Талпа Б.В., Явна В.А. Комплексное исследование состава и структурных особенностей породообразующих минералов бентонитовых глин Миллеровского месторождения // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 26., № 3. – С. 1-13.
- [16] Minichelli D. The quantitative phase analysis of clay minerals by X-ray diffraction: Modern aspects of industrial routine control // Clay minerals. – 1982. – V. 17. – P. 401-408.
- [17] Mansa R., Detellier C. Preparation and Characterization of Guar-Montmorillonite Nanocomposites // Materials. – 2013. – V.6. – P. 5199-5216.
- [18] Talgatov E.T., Auezkhanova A.S., Kapysheva U.N., Bakhtiyrova Sh.K., Zharmagambetova A.K. Synthesis and Detoxifying Properties of Pectin-Montmorillonite Composite // J Inorg Organomet Polym. – 2016. – Vol. 26, №6. – P. 1387-1391.
- [19] Андрушкевич В.В. Биохимические показатели крови, их референсные значения, причины изменения уровня в сыворотке крови. – Новосибирск, 2006. – 48 с.
- [20] Колок А. Современные яды. Дозы, действие, последствия – Москва: Альпина Паблишер, 2017. – 216 с.

REFERENCES

- [1] Jeon I.-Y., Baek J.-B. *Materials*, **2010**, 3, 3654-3674 (in Eng.).
- [2] Sinha Ray S., Okamoto M. *Progress in polymer science*, **2003**, 28, 1539-1641 (in Eng.).
- [3] Mittal V. *Materials*, **2009**, 2, 992-1057 (in Eng.).
- [4] Chvalun S.N., Novokshonova L.A., Korobko A.P., Brevnov P.N. Polymer-silicate nanocomposites: physico-chemical aspects of in situ polymerization. *Russian Chemical Journal (Journal of D.I. Mendeleev Russian Chemical society)*, **2008**, 7(5), 52-57 (in Russ.).
- [5] Zhaksylykova A.K. Ultrastructural changes in liver parenchyma after cadmium intoxication correction by Tagansorbent. *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, **2005**, 115(1), 66-69 (in Russ.).
- [6] Zhang M., Li X.H., Gong Y.D., Zhao N.M., Zhang X.F. *Biomaterials*, **2002**, 23, 2641-2648 (in Eng.).
- [7] Campbell K., Craig D.Q.M., McNally T. *International Journal of Pharmaceutics*, 2008, 363, 126-131 (in Eng.).
- [8] Kohay H., Sarisozen C., Sawant R., Jhaveri A., Torchilin V.P., Mishael Y.G. *Acta Biomaterialia*, **2017**, DOI: 10.1016/j.actbio.2017.04.008 (in Eng.).
- [9] Zendeheel M., Afrouzi H., Sahra kar F., Khoeini M., Shapouri M.R. *Journal of Novel Applied Sciences*, **2013**, 2, 812-820 (in Eng.).
- [10] Shahneva E.Yu., Polyakov O.A. Sorption-photometric determination of lead and cadmium in industrial facilities. *Bulletin of the Kemerovo State University*, **2015**, 5(2), 172-175 (in Russ.).
- [11] Smagulova Z.S., Makarushko S.G., Efanova E.S., Tashenov K.T. The effect of alpha-lipoic acid on the lipid metabolism in plasma and washouts from erythrocytes of blood of different ages rats. *News of National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan, Biological series*, **2014**, 3, 95-99 (in Russ.).
- [12] Gareyev R.A. The concept of the absorption-transport function of erythrocytes. *Materials of the 5th Congress of Physiologists of Kazakhstan, Karaganda*, **2003**, 75-79 (in Russ.).
- [13] Brown D., Floyd A., Sainsbury M. *Organic Spectroscopy*. M.: Mir, 1992. 300 p. (in Russ.).
- [14] Nakamoto K. *Infrared spectra of inorganic and coordination compounds*. M.: Mir, 1966. 411 p. (in Russ.).
- [15] Kasprzhitskiy A.S., Morozov A.V., Lazorenko G.I., Talpa B.V., Yavna V.A. Complex study of composition and structural features of rock-forming minerals of bentonite clays of the Millerovo deposit. *The engineer's bulletin of the Don*, **2013**, 26(3), 1-13 (in Russ.).
- [16] Minichelli D. *Clay minerals*, **1982**, 17, 401-408 (in Eng.).
- [17] Mansa R., Detellier C. *Materials*, **2013**, 6, 5199-5216 (in Eng.).
- [18] Talgatov E.T., Auezkhanova A.S., Kapysheva U.N., Bakhtiyrova Sh.K., Zharmagambetova A.K. *J Inorg Organomet Polym*, **2016**, 26(6), 1387-1391 (in Eng.).
- [19] Andrushkevich V.V. *Biochemical parameters of blood, their reference values, causes of changes in serum levels*. Novosibirsk, 2006. 48 p. (in Russ.).
- [20] Kolok A. *Modern poisons. Doses, effects, consequences*. Moscow: Alpina Publisher, 2017. 216 p. (in Russ.).

ӨОЖ: 661.183.4; 544.72; 615.916; 616-099-02

**Э.Т. Талгатов¹, А.С. Әуезханова¹, Н.Ж. Тұмабаев¹,
У.Н. Капышева², Ш.К. Бахтиярова², Ә.Қ. Жармағамбетова¹**

¹Д.В.Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы қ., Қазақстан

²Адам және жануарлар физиология институты, Алматы қ., Қазақстан

МОНТМОРИЛЛОНИТ ЖӘНЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ НЕГІЗІНДЕ ГИБРИДТІ ЭНТЕРОСОРБЕНТТЕРДІ СИНТЕЗДЕУ

Аннотация. Жұмыста Шығыс Қазақстан облысы Таған кенорнының табиғи монтмориллониті (ММТ) мен полиэтиленгликоль (ПЭГ) негізінде гибридіті композиттерді алудың нәтижелері және оларды тірі ағзалардан ауыр металдардың иондарын шығаруға арналған энтеросорбенттер ретінде қолданудың мақсаты көрсетілді. ММТқа ПЭГ сулы ертіндісін адсорбциялау арқылы гибридіті композиттер алынды. Іг. ММТ енгізілетін құрамы әртүрлі ПЭГ бар композиттер сериясын алу үшін полимердің көлемі 0,02 ден 4,00 г. дейін алынды. Табиғи сорбентке ПЭГ толық бекітілуін адсорбциядан кейінгі ертіндінің тұтқырлығының өзгеруімен анықталынды. Іг. монтмориллонит 0,57 г. полимерді адсорбциялауға қабілетті екені байқалды. Нәтижесінде құрамында 1,8- 36,6% полимеркомпозиітері алынды. СЭМ және БЭТ әдістері полиэтиленгликоль оның морфологиясы мен текстуралық қасиеттерін өзгерте отырып алюмосиликат бетін жабатындығын көрсетті. ИҚ спектрі арқылы полиэтиленгликольдағы функционалдық топтардың жұтылу жолағының ығысуы ММТ-ның полимермен модификациясы хемосорбция арқылы іске асатындығы байқалды. РФА нәтижесінде алынған композитте базалді (001) рефлексінің ығысуын көрсетті, яғни алюмосиликаттың қабат аралық кеңістігінде полимердің интеркаляциялануы болатынын дәлелдеді. Гибридіті композиттан алынған Cd²⁺ және Pb²⁺ иондары сорбциясы аз мөлшердегі полиэтиленгликоль (1,8% масс.) модификациясының сорбциялық көлемінің 5,9 дан 6,9 мгCd/г дейін және 8,4 тен 9,3 мгPb/г дейін көбеюіне ықпал еткенін көрсетті. Құрамында 1,8% масс. бар полиэтиленгликольден жасалынған гибридіті композиттердің зертханалық егеуқұйрықтарға интоксикациялық жағдайда кадмий иондарымен деинтоксикациялық қасиеті анық көрсетілген.

Тірек сөздер: гибридіті композит, энтеросорбент, деинтоксикация, кадмий, монтмориллонит, полиэтиленгликоль.