

5. Solvothermal synthesis and magneto-optical properties of Zn_{1-x}Ni_xO hierarchical microspheres / Z. Liu et al. // *J. Magn. Magn. Mater.* – 2011. – Vol. 323, № 7. – P. 1022–1026.
6. Metal nanotubes prepared by a sol–gel method followed by a hydrogen reduction procedure / Z. Hua et al. // *Nanotechnology.* – 2006. – Vol. 17, № 20. – P. 5106–5110.
7. Magnetic interaction in FeCo alloy nanotube array / D. Zhou et al. // *J. Magn.* – 2011. – Vol. 16, № 4. – P. 413–416.
8. Magnetic properties of Co nanopillar arrays prepared from alumina templates. / L. G. Vivas et al. // *Nanotechnology.* – 2013. – Vol. 24, № 10. – P. 105703.
9. Nanomaterials: A membrane-based synthetic approach / C. R. Martin // *Science* (80-.). – 1994. – Vol. 266, № December. – P. 1961–1966.
10. Characterization of Pet Track Membrane Parameters, in *NANO 2016: Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications*, P. 79–91.
11. Evolution of the polyethylene terephthalate track membranes parameters at the etching process / E. Y. Kaniukov et al. // *J. Contemp. Phys. (Armenian Acad. Sci.)* – 2017. – Vol. 52, № 2. – P. 155–160.

УДК 546.282.3:546.824–31:547.89

А. Н. Мурашкевич¹, Е. К. Юхно¹,
О. А. Алисиенок¹, О. В. Федорова²
¹БГТУ, Минск,

¹Институт органического синтеза УрО РАН, Екатеринбург

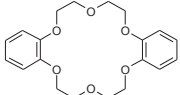
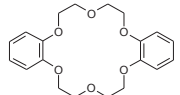
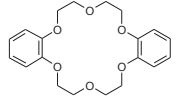
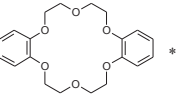

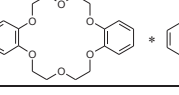

**СИНТЕЗ И ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КОМПОЗИТОВНА ОСНОВЕ SiO₂–TiO₂,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ
ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМИ МАКРОЦИКЛИЧЕСКИМИ
ЭНДОРЕЦЕПТОРАМИ**

Ранее нами показана возможность увеличения сорбционной емкости и селективности краун-эфиров (КЭ) при сорбции катионов металлов из кислых растворов путем иммобилизации КЭ в композит SiO₂–TiO₂ в процессе золь-гель синтеза [1]. Установлена также эффективность формирования отпечатка катиона стронция в адсорбенте на этапе золь-гель-синтеза при использовании функционализированного КЭ, позволяющая увеличить адсорбцию

соответствующего катиона на 20% [2].

Целью настоящей работы является синтез и термоаналитическое исследование органо-минеральных композитов, где носителем макроциклического эндорцептора являлся композит $\text{SiO}_2\text{--TiO}_2(\text{NH})$ с развитой удельной поверхностью ($463 \text{ м}^2/\text{г}$) и значительной пористостью ($0,36 \text{ см}^3/\text{г}$). Использовали комплексы краун-эфира с хлоридами РЗЭ (Eu, Sm, La) или аминокислотами (L-пролином и L-фенилаланином).

Таблица 1– Органо-минеральные композиты

№ п/п	КЭ	Шифр КЭ	$\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	НН : КЭ	Промывка
1	 * LaCl_3	Res-459	1:1	1:0,33	нет
2		Res-459	1:1	1:0,33	да
3	 * EuCl_3	Res-467	1:1	1:0,33	нет
4		Res-467	1:1	1:0,33	да
5	 * SmCl_3	Res-468	1:1	1:0,33	нет
6		Res-468	1:1	1:0,33	да
7		Res-471	1:1	9:1	нет
8		Res-472	1:1	9:1	нет
9	 * 	Res-471	9:1	1:0,4	да
10		Res-471	9:1	1:0,4	нет
11	 * 	Res-472	9:1	1:0,4	да
12		Res-472	9:1	1:0,4	нет

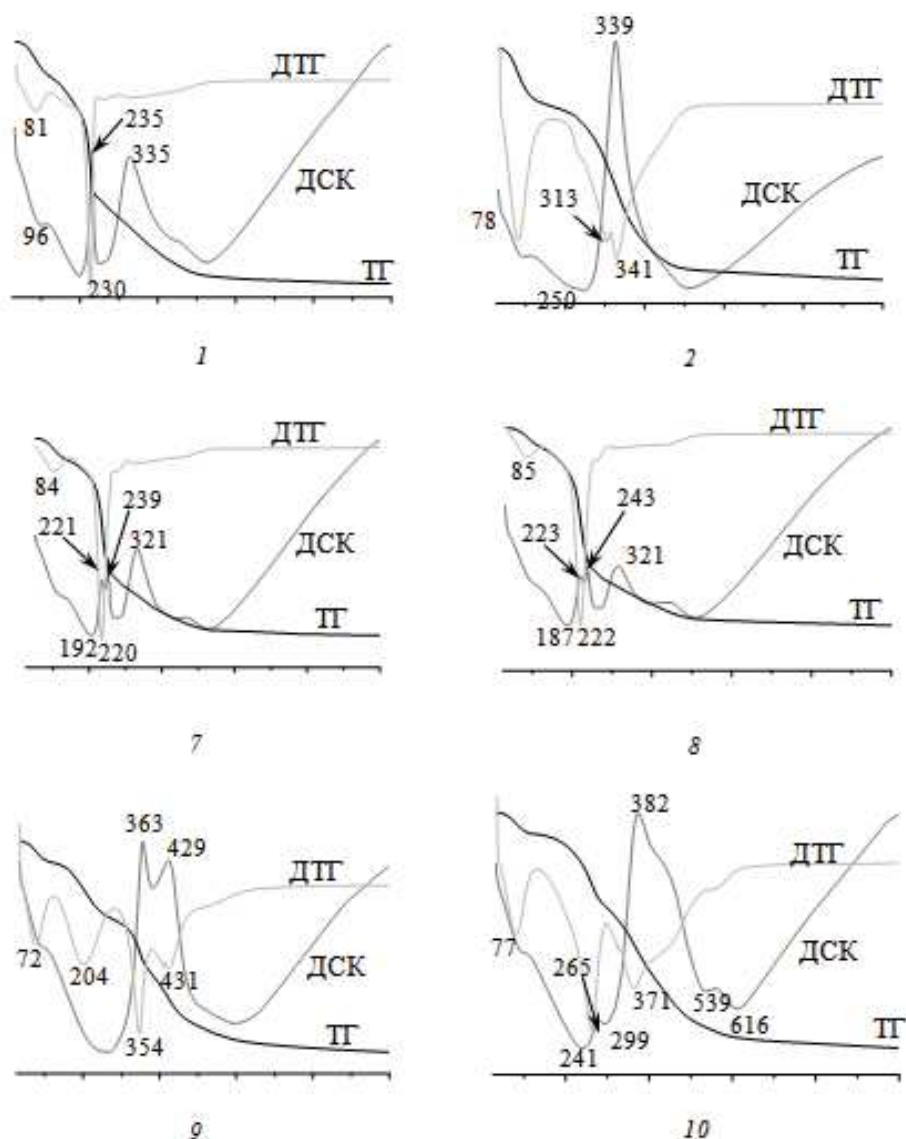


Рисунок 1 – Дериватогаммыоргано-минеральных композитов, номера образцов в таблице 1

Композит $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ /КЭ получали смешением золь оксидов кремния и титана и раствора КЭ в диметилформамиде (ДМФА) с последующей сушкой при температурах $110\text{--}150^\circ\text{C}$. Часть образца после смешения компонентов промывали водой для удаления хлоридов РЗЭ или аминокислот.

Предполагалось, что хлориды РЗЭ и аминокислоты, образующие комплекс с КЭ, будут удаляться частично или полностью в процессе промывки, создавая отпечаток на поверхности макроциклического эндорецептора, подготовленный таким образом к участию в процессе сорбции соответствующего катиона металла или аминокислоты.

Таблица 2 – Результаты обработки ТА-кривых композитов SiO₂–TiO₂, содержащих функционализированныекраун-эфир

Образец			SiO ₂ –TiO ₂ +RES 459 (без отмывки)	SiO ₂ –TiO ₂ +RES 459 (отмытый)	SiO ₂ –TiO ₂ +RES471 (безотмывки)
Рисунок			1	2	7
Удаляемое из композита вещество	ФАВ	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	27,6–119,7	27,9–169,7	27,58 – 128,36
		$\Delta m, \%$	5,32	6,65	3,908
	ДМФА+H ₂ O	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	119,7–249,9	169,7–326,0	128,36 – 275,27
		$\Delta m, \%$	20,79	8,49	23,892
	КЭ	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	249,9–530,4	326,0–549,7	275,27 – 530,47
		$\Delta m, \%$	13,27	11,639	8,961
	ХСВ	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	530,4–999,1	549,7–999,2	530,47 – 999,10
		$\Delta m, \%$	1,36	1,11	1,148
$\Sigma\Delta m, \%$			40,74	27,90	37,911
Образец			SiO ₂ –TiO ₂ +RES 472(безотмывки)	SiO ₂ –TiO ₂ +RES 471 (отмытый)	SiO ₂ –TiO ₂ +RES 471 (безотмывки)
Рисунок			8	9	10
Удаляемое из композита вещество	ФАВ	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	27,78 – 125,03	27,75– 123,30	28,14–128,4
		$\Delta m, \%$	3,43	2,19	2,45
	ДМФА+H ₂ O	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	125,03 – 275,14	123,30– 290,33	128,4–302,82
		$\Delta m, \%$	25,232	7,42	10,43
	КЭ	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	275,14 – 530,40	290,33– 388,04	302,82– 455,69
		$\Delta m, \%$	8,287	6,89	12,92
	ХСВ	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	530,40 – 989,80	388,04– 650,35	455,69– 643,48
		$\Delta m, \%$	1,133	8,74	5,82
$\Sigma\Delta m, \%$			38,100	27,0	32,90

Характер дериватограмм образцов 1–6 оказался похожим, поэтому на рисунке 1 приведены дериватограммы только образцов 1–2. Как видно в таблице 2, весь диапазон фазовых превращений

образцов 1,2, сопровождаемых потерей масс, можно разделить на 4 периода: удаление физически сорбированной воды в интервале температур 27–169°C, при этом потери масс составили 5,32–6,65 %. Экзотермический эффект с максимумом при 235°C соответствует разрушению комплекса ДМФА–вода–КЭ и последующей термической деструкции ДМФА. Удаление воды и ДМФА из комплекса происходит одновременно с его разложением, что может свидетельствовать о расположении воды и ДМФА внутри молекулярной полости КЭ.

Экзотермический эффект с максимумом 335–339°C обусловлен процессом термической деструкции КЭ. После промывки, сопровождаемой разрушением комплекса КЭ с хлоридом РЗЭ, наблюдаются два типа связанных оксидом SiO₂–TiO₂ молекул ДБ-18-К-6, прочность удерживания которых в композите различна: слабосвязанные молекулы удаляются при 312–314°C, а прочносвязанные – при 341–344°C. Дегидратация оставшегося неорганического носителя сопровождается небольшой потерей массы образцов 1,1–1,4 %.

Для образцов 7 и 8, в которых КЭ функционализирован аминокислотами, в области 220–230°C наблюдаются два экзотермических эффекта, связанных с процессами превращения ДМФА и, возможно, аминокислот. Удаление КЭ в данном случае происходит в более широком температурном интервале 275–530°C, потери масс, связанные с удалением химически связанной воды, также не велики.

При более высоком содержании диоксида кремния в неорганическом носителе и более высоком содержании функционализированного аминокислотой КЭ (образцы 9,10) последовательность термических превращений аналогична предыдущим образцам 7,8. Однако после промывки в высушенном образце 10 наблюдаются два эндотермических эффекта с максимумами 539°C и 616°C, менее четко выраженные на дериватограмме отмытого образца. Характер процессов, обуславливающих эти эффекты, пока не совсем понятен. Следует отметить, что в образце 9 после промывки органо-минерального композита водой также прослеживается присутствие молекул КЭ, различающихся прочностью связи с неорганическим носителем, что обуславливает разные температуры деструкции КЭ с максимумами при 363 и 429°C.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант № 18-53-00026-Бел_а), Белорусского фонда фундаментальных исследований (Грант № X18P-032).

ЛИТЕРАТУРА

1. A. N. Murashkevich, O. A. Alisienok, I. M. Zharskiy, M. S. Novitskaya, O. V. Fedorova, A. I. Maximovskikh Titania sols as precursors in sol-gel technologies of composite materials for photocatalysis, electrorheology, sorption // Journal of Sol-Gel Science and Technology DOI10.1007/s10971-019-04981-w

2. А. Н. Мурашкевич, О. А. Алисиенок, А. И. Максимовских, О. В. Федорова Синтез и термоаналитическое исследование композитов на основе $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$, модифицированных макроциклическими эндорецепторами// Неорган. матер., 2016, том 52, № 3, С. 1–8

УДК 549.5:54–165:536.21:536.413:537.31/.32

Л. А. Башкиров, И. А. Великанова,
Г. П. Дудчик, А. А. Глинская
Белорусский государственный технологический университет

СИНТЕЗ, МИКРОСТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕГНЕТОМАГНЕТИКОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА ВИСМУТА

В данной работе представлены результаты исследований условий синтеза твердых растворов сегнетомангнетиков (СМ), или, что то же самое, мультиферроиков (МФ) на основе феррита висмута BiFeO_3 и изучения их свойств, которые проведены на кафедре физической и коллоидной химии (в настоящее время – кафедра физической, коллоидной и аналитической химии) Белорусского государственного технологического университета. Работа выполнялась в рамках научного направления кафедры по изучению физических свойств магнитных, сегнетомангнитных и полупроводниковых наноструктурных пленочных материалов и разработке на их основе перспективных устройств для электронной и микроэлектронной техники.

Феррит висмута BiFeO_3 , принадлежащий к группе сложных оксидных однофазных систем со структурой типа перовскита, считается наиболее перспективным МФ, поскольку это одно из немногих соединений, в которых сочетание электрического и магнитного упорядочения наблюдается при рекордно высоких температурах [1]. При комнатных температурах в тонких (толщиной от десятков до сотен нм) пленках феррита висмута зафиксированы значения магнитоэлектрического эффекта, которые на порядки превышают величины, измеренные при комнатных температурах в