

УДК 666.946

*М.Ю. ИВАЩЕНКО*, асп., УкрГАЖТ, Харьков,  
*Г.Н. ШАБАНОВА*, д-р. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
*М.И. ВОРОЖБИЯН*, д-р. техн. наук, проф., УкрГАЖТ, Харьков,  
*О.В. КОСТЫРКИН*, канд. техн. наук, доц., УкрГАЖТ, Харьков

## **ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУР И СОСТАВОВ ЭВТЕКТИК БИНАРНЫХ И ТРОЙНЫХ СЕЧЕНИЙ СИСТЕМЫ $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$**

Проведена оценка максимальных температур службы составов эвтектик бинарных и тройных сечений системы  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Определены области наиболее пригодные для получения защитных вяжущих материалов с повышенной температурой эксплуатации.

**Ключевые слова:** система, эвтектика, сечения системы, температура, ликвидус, защитные вяжущие материалы.

Возрастающие требования, предъявляемые к различным защитным композициям, требуют разработки новых видов полифункциональных материалов специального назначения, обладающих комплексом заданных свойств.

С этой точки зрения перспективными являются материалы нового класса – барийсодержащие цементы, которые являются быстротвердеющими, высокопрочными материалами со стабильными эксплуатационными характеристиками: стойкостью к различным видам излучений, низкой степенью разупрочнения при повышенных температурах и т.д. [1 – 4].

В технологии специальных вяжущих материалов барийсодержащая система  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  является основой цементов с защитными свой-

ствами, в состав которой входят ферриты бария, обеспечивающие защитные свойства материалам, а также алюминаты бария, обладающие вязкими свойствами.

Одной из основных характеристик специальных цементов является их стойкость к температурным нагрузкам [1].

В связи с этим для определения максимальной температуры использования барийсодержащих цементов была проведена оценка температур и составов эвтектик бинарных и тройных сечений системы  $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ .

Для построения поверхностей ликвидуса бинарных и тройных эвтектических систем использовался метод Эпштейна-Хауленда, основанный на решении системы нелинейных уравнений.

© М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян, О.В. Костыркин, 2013

Расчет эвтектик в бинарных системах производился по программе *BINevt v1.3* [5].

Исходные данные для расчета температур и составов эвтектик представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета температур и составов эвтектик бинарных и тройных сечений системы  $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$

Соединение	Температура, К	Количество атомов в соединении, N
BaO	2198 [1]	2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1873 [1]	5
α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2303 [1]	5
BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub> (BF <sub>6</sub> )	1738 [1]	32
BaFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (BF)	1723 [1]	7
Ba <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (B <sub>2</sub> F)	1643 [1]	9
Ba <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (B <sub>3</sub> F)	1588 [1]	11
Ba <sub>7</sub> Fe <sub>4</sub> O <sub>13</sub> (B <sub>7</sub> F <sub>2</sub> )	1603 [1]	24
BaAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (BA)	2103 [1]	7
Ba <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (B <sub>3</sub> A)	1873 [1]	11
BaAl <sub>12</sub> O <sub>19</sub> (BA <sub>6</sub> )	2173 [1]	32
Ba <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (B <sub>4</sub> A)	1673 [1]	13
Ba <sub>8</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>11</sub> (B <sub>8</sub> A)	1673 [1]	21
Fe <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (FA)	1683 [6]	10

Характеристики эвтектических точек сечений барийсодержащей системы  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  приведены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показывает, что все композиции бинарных и тройных сечений могут быть использованы при температуре свыше 1450 К.

Наиболее приемлемыми для получения защитных композиционных материалов являются составы тройных сечений  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{BaAl}_{12}\text{O}_{19} - \text{BaAl}_2\text{O}_4$  и  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{BaAl}_{12}\text{O}_{19} - \text{Al}_2\text{O}_3$  (с температурами эвтектик 1725 К и 1727 К соответственно), а также композиции бинарных сечений, входящие в данные тройные сечения:  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{BaAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$  (с температурами эвтектик 1725 К, 1727 К и 1738 К соответственно), эвтектические составы которых плавятся при наиболее высоких температурах (от 1725 К до 1738 К).

Кроме этого, входящие в состав оптимальных сечений соединения обеспечивают материалы защитными ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) и вяжущими ( $\text{BaAl}_2\text{O}_4$ ) свойствами.

Таблица 2 – Характеристики эвтектических точек бинарных и тройных сечений в системе  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$

№ п/п	Сечение	Т <sub>пл</sub> , К	Состав эвтектик, мол. %		
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	$\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11} - \text{Ba}_7\text{Fe}_4\text{O}_{13}$	1579	28,0	72,0	–
2	$\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6 - \text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$	1556	79,0	21,0	–
3	$\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6 - \text{Ba}_4\text{Al}_2\text{O}_7$	1536	68,0	32,0	–
4	$\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6 - \text{Ba}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	1570	88,0	12,0	–
5	$\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{O}_6 - \text{BaAl}_2\text{O}_4$	1574	90,5	9,5	–
6	$\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 - \text{BaAl}_2\text{O}_4$	1617	88,0	12,0	–
7	$\text{BaFe}_2\text{O}_4 - \text{BaAl}_2\text{O}_4$	1678	83,0	17,0	–
8	$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{BaAl}_2\text{O}_4$	1725	78,4	21,6	–
9	$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_6$	1649	17,0	83,0	–
10	$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{Al}_2\text{O}_3$	1727	81,1	18,9	–
11	$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$	1738	100,0	–	–
12	$\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11} - \text{Ba}_7\text{Fe}_4\text{O}_{13} - \text{BaO}$	1544	17,3	39,9	42,9

13	$Ba_7Fe_4O_{13} - Ba_8Al_2O_{11} - Ba_3Fe_2O_6$	1520	26,9	12,0	61,1
14	$Ba_3Fe_2O_6 - Ba_4Al_2O_7 - Ba_8Al_2O_{11}$	1520	61,0	27,0	12,0
15	$Ba_3Fe_2O_6 - Ba_3Al_2O_6 - Ba_4Al_2O_7$	1525	63,5	8,1	28,3
16	$Ba_3Fe_2O_6 - BaAl_2O_4 - Ba_3Al_2O_6$	1557	80,6	8,6	10,8
17	$Ba_2Fe_2O_5 - BaAl_2O_4 - Ba_3Fe_2O_6$	1499	42,1	6,0	52,0
18	$BaFe_2O_4 - BaAl_2O_4 - Ba_2Fe_2O_5$	1530	41,3	7,3	51,4
19	$BaFe_2O_4 - BaAl_2O_4 - BaFe_{12}O_{19}$	1642	70,7	14,0	15,3
20	$BaFe_{12}O_{19} - BaAl_{12}O_{19} - BaAl_2O_4$	1725	78,4	–	21,6
21	$BaFe_{12}O_{19} - BaAl_{12}O_{19} - Al_2O_3$	1727	81,1	–	18,9
22	$BaFe_{12}O_{19} - Fe_2Al_2O_6 - Al_2O_3$	1634	13,0	74,1	12,9
23	$BaFe_{12}O_{19} - Fe_2Al_2O_6 - Fe_2O_3$	1587	4,8	54,6	40,6

Поверхности ликвидуса бинарных сечений и схематическое изображение поверхности ликвидуса тройных сечений системы  $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$  представлены на рис. 1 и рис. 2.

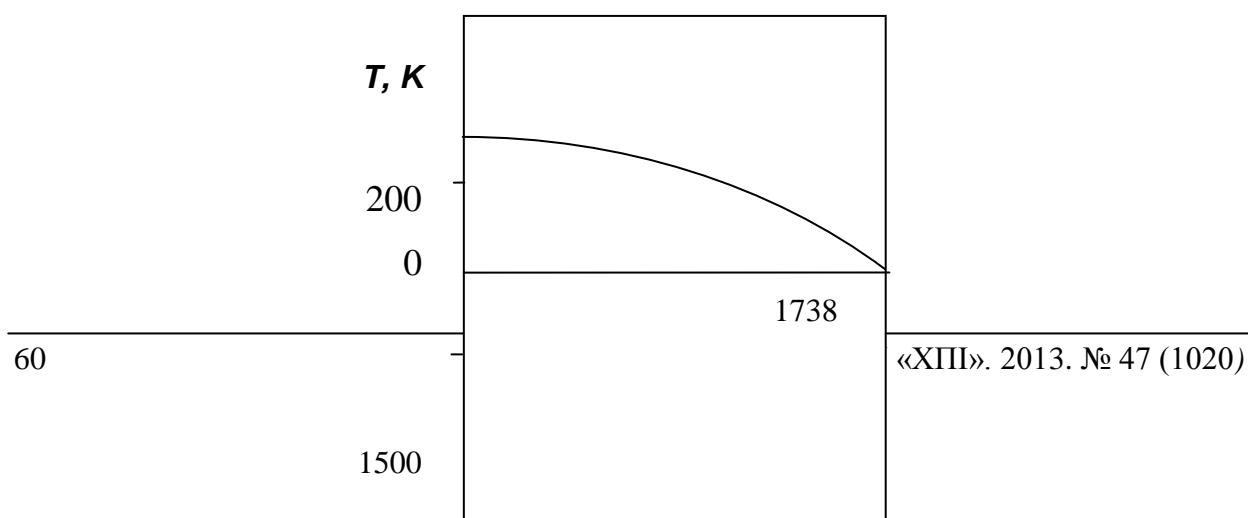
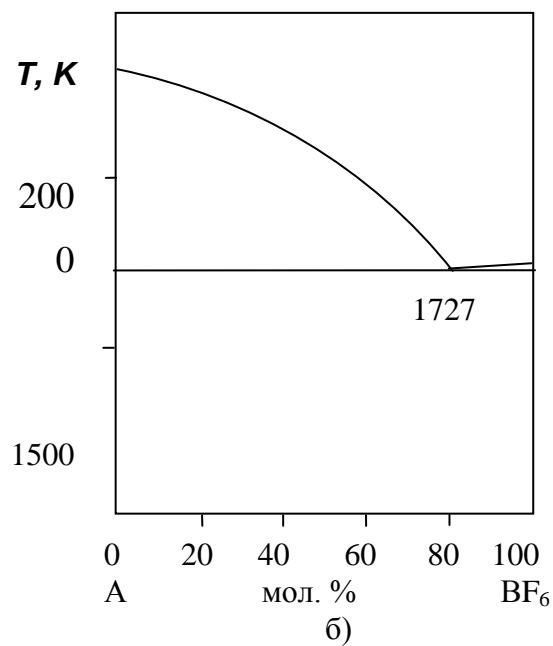
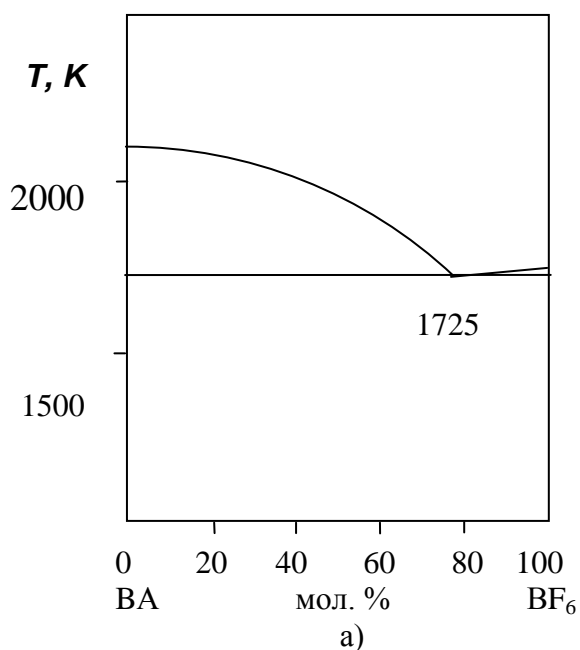


Рис.1 – Кривые ликвидуса бинарных сечений системы  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ :  
 а –  $\text{BA} - \text{BF}_6$ ; б –  $\text{A} - \text{BF}_6$ ; в –  $\text{BA}_6 - \text{BF}_6$

Анализ полученных результатов исследования бинарных и тройных сечений в системе  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  показывает, что все барийсодержащие композиционные материалы на основе составов данной системы можно использовать при температурах до 1727 К.

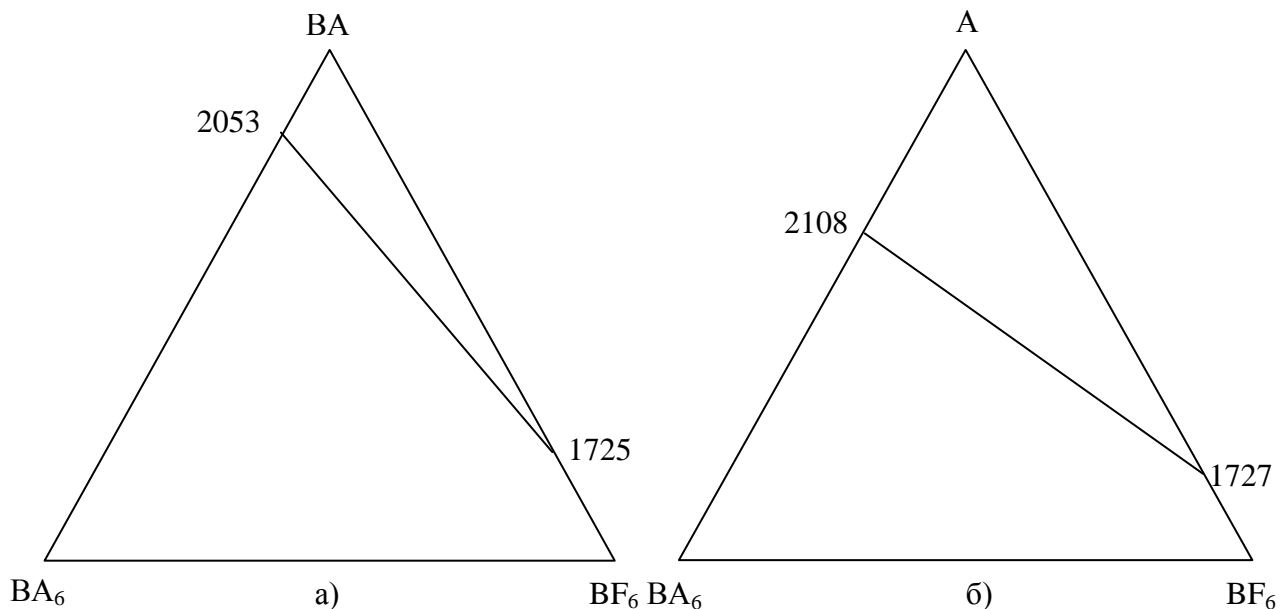


Рис.2 – Эвтектики тройных сечений системы  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ :  
 а –  $\text{BA}_6 - \text{BA} - \text{BF}_6$ ; б –  $\text{BA}_6 - \text{A} - \text{BF}_6$ .

### Выводы.

Таким образом, на основании проведенного анализа поверхностей ликвидуса бинарных и тройных сечений данной системы были определены оптимальные области в системе  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  для получения защитных композиционных материалов с повышенной температурой эксплуатации.

**Список литературы:** 1. Шабанова Г.Н. Барийсодержащие оксидные системы и вяжущие материалы на их основе / Г.Н. Шабанова – Х.: НТУ «ХПИ», 2006 – 280 с. 2. Шабанова Г.Н. Оценка по-

верхностей ликвидуса бинарных эвтектических систем с участием ферритов бария / [Г.Н. Шабанова, С.Н. Быканов, И.В. Гуренко, Я.Н. Питак] // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: междунар. науч.-техн. конф., 12-14 мая 1997 г.: сборник докл. – Х., 1997. – Ч. 4. 1997. – С. 167 – 171. **3.** Шабанова Г.Н. Жаростойкие цементы на основе алюминатов и ферритов бария / [Г.Н. Шабанова, Ю.М. Мельник, Я.Н. Питак, С.Н. Быканов] // Качество огнеупоров – путь к энергосбережению и эффективности: науч.-техн. конф., 25-26 апр. 1995 г.: сборник докл. – Х., 1995. – С. 141 – 143. **4.** Шабанова Г.Н. Барийсодержащий цемент с ферромагнитными свойствами / [Г.Н. Шабанова, Н.Г. Илюха, И.В. Гуренко и др.] // Сб. научных трудов ОАО «УкрНИИОгнеупоров им. А.С. Бережного». – 2000. – № 100. – С. 104 – 107. **5.** Расчет эвтектик в бинарных системах [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://sites.kpi.kharkov.ua/keramika/instruments/instruments\\_binevt.html](http://sites.kpi.kharkov.ua/keramika/instruments/instruments_binevt.html). **6.** Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов / А.С. Бережной. – К.: Наукова думка, 1970. – 541с.

Поступила в редколлегию 14.05.13

УДК 666.946

**Оценка температур и составов эвтектик бинарных и тройных сечений системы  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  / М.Ю. ИВАЩЕНКО, Г.Н. ШАБАНОВА, М.И. ВОРОЖБИЯН, О.В. КОСТЫРКИН** // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № № 47 (1020). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 57 – 62. – Бібліогр.: 6 назв.

Проведена оцінка максимальних температур служби складів евтектик бінарних та потрійних перетинів системи  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Визначені області найбільш придатні для отримання захисних в'язучих матеріалів з підвищеною температурою експлуатації.

**Ключові слова:** система, склад, евтектика, перетин системи, температура, ліквідус, захисні в'язучі матеріали.

The estimation of maximum temperatures of eutectic compositions of binary and triple sections of system has been conducted. The most suitable spheres to get protective binding materials with increased operational temperature have been determined.

**Keywords:** system, composition, eutectic, system section, temperature, liquidus, protective binding materials.

УДК 693.54 : 022.5

**А.А. КАЧУРА**, канд. техн. наук, доц., ХНУГХ, Харків

**Е.В. КОНДРАЩЕНКО**, д-р техн. наук, проф., ХНУГХ, Харків

**Ю.А. НАУМЕНКО**, студ., ХНУГХ, Харків