

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БАРИЙ-СВИНЦОВОЙ КОМПОЗИЦИИ

© 2013 П.С. Буткалюк¹, И.Л. Буткалюк³, Р.А. Кузнецов¹,
С.В. Томилин¹, И.Э. Власова², И.С. Белобров³

¹ ОАО «ГНЦ НИИАР», Ульяновская область, Димитровград-10

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

³ Ульяновский государственный университет

Поступила в редакцию 26.11.2013

Исследованы физико-химические свойства образцов – имитаторов стартовой радий-свинцовой композиции, предназначенной для облучения радия в высокопоточном ядерном реакторе с использованием имитатора радия-бария.

Ключевые слова: альфа-эмиттеры, смешанные оксиды, радий, пломбаты.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов получения ²²⁷Ac, ²²⁸Th и ²²⁹Th является облучение ²²⁶Ra в высокопоточном ядерном реакторе. При облучении компактных образцов радия наблюдается эффект резонансного самоэкранирования, который приводит к значительному снижению выходов (до 40 %) полезных продуктов активации. Для уменьшения масштаба данного эффекта ранее было предложено разбавлять радий оксидом свинца [1], который практически не активируется под действием нейтронов. Изначально в качестве стартовой композиции для облучения предполагалась смесь RaCO₃ и PbO, полученная термическим разложением смеси RaCO₃ и PbCO₃ при температуре 600 °С. В ходе проведенных экспериментов было установлено, что при прокаливании данных смесей на воздухе при температуре 800 °С образуется соединение RaPbO₃ – метапломбат радия [2]. Исходя из химических свойств бария (как ближайшего аналога радия), данное соединение должно также получаться при нагревании смеси нитратов Ra(NO₃)₂ и Pb(NO₃)₂.

Облучаемый в реакторе материал должен обладать термической устойчивостью и быть не-

растворимым в теплоносителе реактора. Но в то же время обладать возможностью быстрого перевода в раствор в форме, удобной для последующего разделения продуктов активации радия. Кроме того радий в объеме мишени должен быть распределен равномерно, так как равномерность распределения существенно влияет на тепло- и нейтронно-физические свойства стартового материала. В случае неравномерного распределения радия, во-первых, может возникать локальный перегрев при облучении, во-вторых, усложняется теоретический расчет выходов продуктов активации.

Экспериментальные исследования физических свойств композиций, содержащих граммовые количества радия, значительно осложняются вследствие радиоактивности радия и его дочерних продуктов распада. Поэтому в настоящей работе все исследования были проведены на композициях, содержащих барий в качестве кристаллохимического аналога радия.

Цель работы заключалась в определении скорости выщелачивания бария дистиллированной водой и характера распределения бария в объеме барий-свинцовых композиций, полученных при разных температурах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалы и методы

Для синтеза всех препаратов использовали реактивы Ba(NO₃)₂, Pb(NO₃)₂ и K₂CO₃ марки х.ч. Содержание примесей определяли при помощи атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой OPTIMA 2100 DV.

Прокаливание исходных реагентов проводили в фарфоровых тиглях (ГОСТ 9147-80). Нагревание проводили на воздухе в трубчатых пе-

Буткалюк Павел Сергеевич, научный сотрудник Отделения радионуклидных источников и препаратов.

E-mail: opir@niiar.ru

Буткалюк Ирина Львовна, научный сотрудник Отделения радионуклидных источников и препаратов, аспирант.

E-mail: opir@niiar.ru

Кузнецов Ростислав Александрович, кандидат химических наук, директор Отделения радионуклидных источников и препаратов. E-mail: R-Kuznetsov@niiar.ru

Томилин Сергей Васильевич, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник Радиохимического отделения.

E-mail: opir@niiar.ru

Власова Ирина Энгельсова, кандидат химических наук, старший научный сотрудник. E-mail: irinaeng@gmail.com
Белобров Иван Сергеевич, студент. E-mail: Suik73@mail.ru

чах с внутренним стаканом из кварца, закрытых от попадания примесей кварцевым колпаком. Измерение температуры проводили при помощи термпары ХА с точностью $\pm 10^\circ\text{C}$.

Исследование скорости выщелачивания бария (радия) из имитаторов стартовой композиции

Исследование степени выщелачивания бария проводили с использованием радиоизотопного индикатора $^{133}\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.

К 100 мл раствора, содержащего 0,0577 г $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\sim 5 \cdot 10^5$ Бк ^{133}Ba и 7,4107 г $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ при перемешивании добавили 500 мл 0,5 М K_2CO_3 . Оставили смесь на 12 ч для кристаллизации осадка. Осадок декантировали, промыли 0,01 М K_2CO_3 , затем пятью порциями дистиллированной воды. Просушили при температуре 100°C в течение 6 ч. Полученный препарат поделили на 4 порции и прокалили при температурах 150°C , 500°C , 600°C и 700°C . Навески препаратов массой 1,00 г помещали в стеклянную колонку диаметром 0,7 см. Через колонку пропускали дистиллированную воду со скоростью 1 мл/мин*см². Фильтрат на выходе из колонки пропускали через бумажный фильтр «синяя лента» и собирали по фракциям. Объемную активность ^{133}Ba определяли при помощи многозадачного радиометра Treathler путем измерением суммарного счета в диапазоне энергий 200-450 кэВ от аликуот объемом 1,00 мл.

Исследование смесей $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$ методом дифференциально-термического анализа

Смеси $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ получали растворением навесок нитратов бария и свинца в дистиллированной воде с последующим упариванием полученного раствора досуха.

Смеси $\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$ получали осаждением карбонатов при добавлении 1 М K_2CO_3 к раствору нитратов $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Осадок отделяли фильтрованием через бумажный фильтр «синяя лента», промывали 0,01 М K_2CO_3 , затем дистиллированной водой и высушивали в сушильном шкафу при температуре 140°C в течение 4 ч.

Дифференциально-термический анализ проводили с использованием установки Termoscan 02. Нагревание проводили в кварцевых сосудах со скоростью 2,5 град/мин. Диапазон изменения температур составлял 20 - 900°C , погрешность определения температуры $\pm 1^\circ\text{C}$. Для исследования использовали навески препаратов $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$ с массами 0,6165 и 0,5761 г, соответственно. В обоих образ-

цах мольное соотношение Ba:Pb составляло 1:2.

Определение фазового состава имитаторов стартовой композиции

Препараты смеси карбонатов бария и свинца для исследований получали путем добавления к растворам нитратов бария и свинца 4 М K_2CO_3 , взятого в 10-50 кратном избытке. Мольное соотношение бария и свинца в исследуемых препаратах составляло 1:2. Осадки карбонатов выдерживали в течение 4-5 ч, отделяли фильтрованием через бумажный фильтр «синяя лента», промывали раствором карбоната калия с концентрацией 0,01 моль/л и бидистиллированной водой. Осадки высушивали на фильтре при температуре $140 \pm 10^\circ\text{C}$. Далее полученные препараты прокаливали в течение 4-6 ч при температурах 500, 600, 700 и $800 \pm 10^\circ\text{C}$ в фарфоровых тиглях.

Препараты смесей нитратов бария и свинца получали путем смешивания сухих солей бария и свинца в мольном соотношении 1:2, растворении солей в дистиллированной воде и последующем упаривании досуха. Далее полученные препараты прокаливали в течение 4-6 ч при температурах 500, 600, 700 и $800 \pm 10^\circ\text{C}$ в фарфоровых тиглях.

Фазовый состав препаратов был проанализирован методом порошковой дифрактометрии. Препараты анализировали фотометодом (камера Дебая РКУ-114М, медное излучение, Ni-фильтр) на рентгеновском аппарате ИРИС. При расчете рентгенограмм учитывали основные систематические погрешности на поглощение и усадку пленки. Расчет рентгенограмм (углов отражений, межплоскостных расстояний и параметров кристаллической решетки), полученных фотометодом, рассчитывали с помощью измерительного комплекса ПИКАР [3, 4]. Фазовый состав анализировали с использованием базы дифракционных данных PDF [5].

Исследование характера распределения компонентов

Для получения препаратов $\text{PbCO}_3/\text{BaCO}_3$ 100 мл раствора, содержащего 0,2560 г $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и 3,322 г $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, по каплям при перемешивании добавили к 175 мл 0,25 М K_2CO_3 . Выпавший осадок промыли декантацией двумя порциями по 100 мл 0,01 М K_2CO_3 , семью порциями по 100 мл бидистиллированной воды. Осадок отфильтровали через бумажный фильтр «синяя лента» и высушили в течение 3 ч при 100°C . Препарат поделили на 4 порции, три из которых прокалили при 500, 600 и 800°C в течение 6 ч. Препарат, высушенный при 100°C , проанализировали на со-

держание примесей методом атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой.

Для получения препаратов смеси $Pb(NO_3)_2$ / $Ba(NO_3)_2$ использовали два различных раствора, каждый объемом 100 мл. Первый раствор содержал 0,2560 г $Ba(NO_3)_2$ и 3,322 г $Pb(NO_3)_2$, второй раствор содержал 0,1253 г $Ba(NO_3)_2$ и 3,322 г $Pb(NO_3)_2$. Оба раствора упарили досуха. Препараты прокалили при 800 °С в течение 6 ч, затем проанализировали методом растровой электронной микроскопии.

Равномерность распределения бария в полученных имитаторах стартовой композиции исследовали с помощью электронного микроскопа "JEOL JSM-6380 LA". Для определения элементного состава использовали энергодисперсионный рентгеновский спектрометр (JED-2300). Содержание бария определяли по линии 4,464 кэВ, свинца - 2,342 кэВ рентгеновского излучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

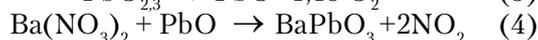
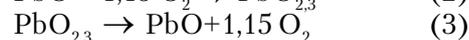
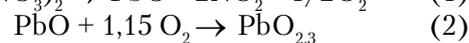
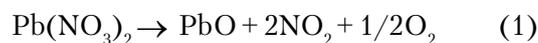
Исследование методом дифференциально-термического анализа

Полученные кривые дифференциально-термического анализа приведены на рис. 1 и 2. С учетом литературных данных о разложении нитратов и карбонатов бария и свинца [6] данные термограммы были интерпретированы следующими образом.

На рис. 1 представлена кривая дифференциально-термического анализа смеси $Ba(NO_3)_2$ / $Pb(NO_3)_2$.

Пик 1 соответствует испарению воды. При

температуре 400-450 °С происходит разложение нитрата свинца с образованием смеси оксида свинца II и нестехиометрических оксидов свинца (пик 2, реакции 1,2). В температурном диапазоне 450-500 °С происходят взаимопревращения различных оксидов свинца, сопровождающиеся изменением средней степени окисления свинца (пик 3, реакции 2,3). В температурном интервале 550-600 °С происходит реакция образования плюмбата бария (пик 4, реакция 4). В диапазоне 620-650 °С происходит полиморфное превращение плюмбата из орторомбической в кубическую модификацию (пик 5). Пик при 870-900 °С, вероятно, соответствует взаимодействию компонентов реакционной смеси со стенками кварцевого сосуда (стенки сосуда после прокаливания помутнели) (пик 6, реакция 5).



В случае смеси $BaCO_3$ / $PbCO_3$ пик при 400 °С (пик 1) соответствует разложению карбоната свинца (6). В температурном диапазоне 450-600 °С происходят взаимопревращения различных оксидов свинца, сопровождающиеся изменением средней степени окисления свинца (пик 2, реакции 2,3). При температурном интервале 550 - 600 °С происходит образование метаплюмбата бария (пик 3, реакция 7). Пик 4 при температуре 650 °С соответствует полиморфному превращению плюмбата бария из орторомбического в кубический. При температуре выше 850 °С проис-

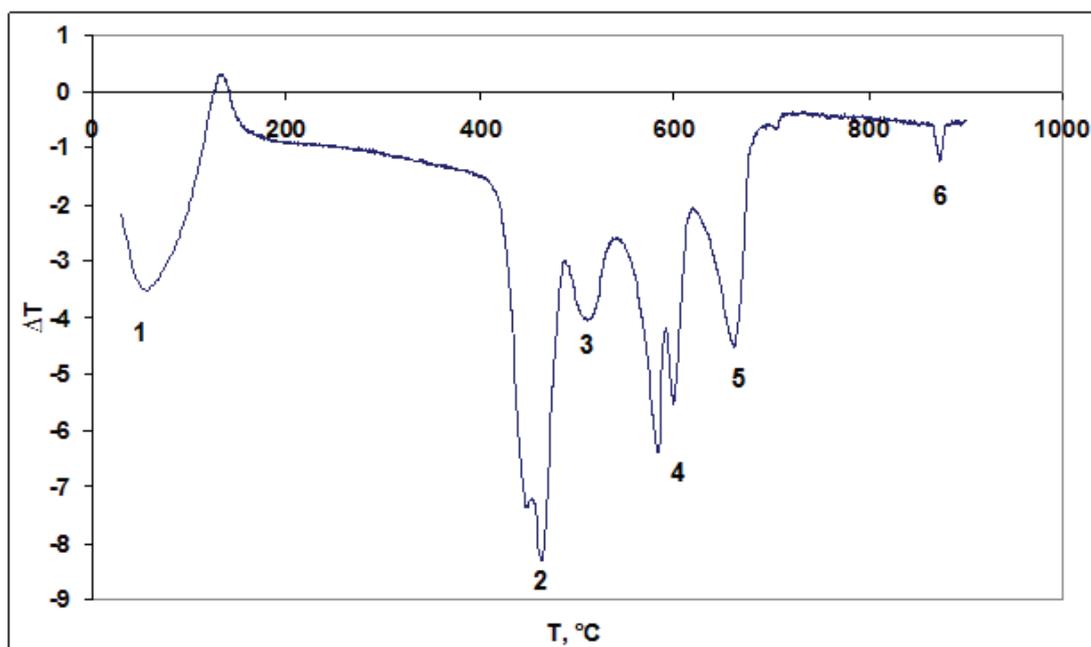


Рис. 1. Кривая дифференциально-термического анализа образца смеси $Ba(NO_3)_2$ и $Pb(NO_3)_2$

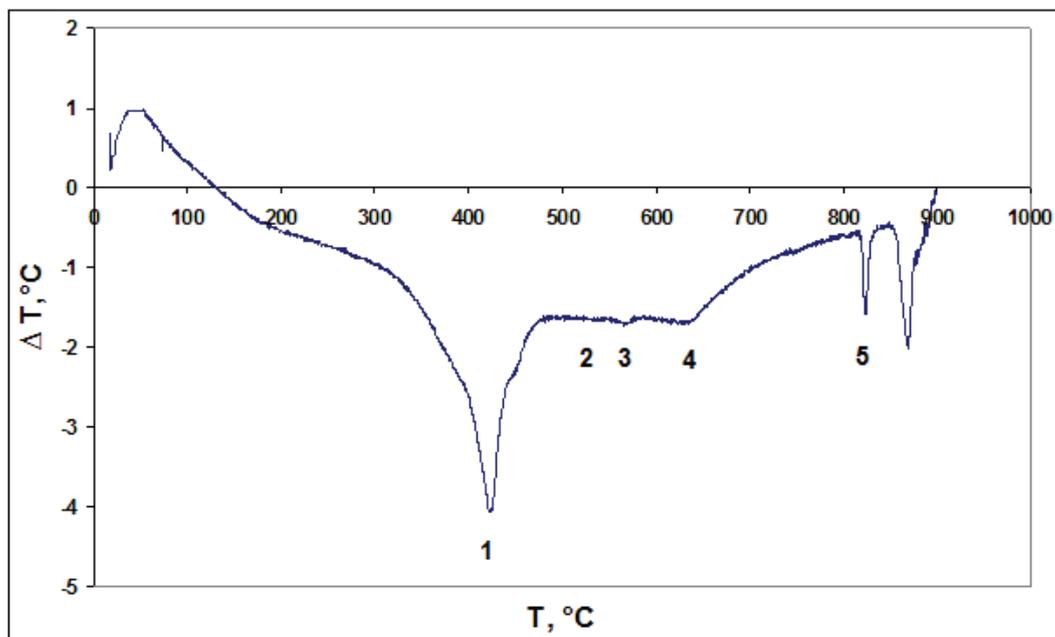
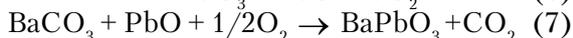


Рис. 2. Кривая дифференциально-термического анализа образца смеси $BaCO_3$ и $PbCO_3$

ходит сплавление препарата с кварцем (пик 5, реакция 5). При этом наблюдается помутнение стенок кварцевого сосуда (5).



В целом полученные данные соответствуют литературным данным о разложении карбонатов и нитратов свинца [7, 8] и образованию метаплюмбата бария [9].

Определение фазового состава образцов

На рис. 3 представлена штрих-рентгенограмма препарата, полученного прокаливанием смеси карбонатов бария и свинца в течение 5 ч при $800^\circ C$ с мольным соотношением $Ba:Pb=1:2$.

В табл. 1 представлены результаты рентгенофазового анализа образцов стартовой композиции.

Полученные данные рентгенофазового анализа подтверждают литературные данные об образовании плюмбата бария при прокаливании образцов при температуре $500-600^\circ C$ [6].

Кроме того, стоит отметить, что плюмбат бария $BaPbO_3$ при температуре выше $700^\circ C$ из орторомбического переходит в кубический.

Исследование характера распределения компонентов в имитаторах стартовой композиции, полученных из $BaCO_3/PbCO_3$

Согласно результатам атомно-эмиссионного анализа образца смеси $BaCO_3/PbCO_3$, полученного совместным осаждением карбонатов бария и свинца, содержание Ba составляло 4,1 масс %, K 0,1 масс% и $\sim 0,05$ масс % прочих примесей (Ca, Na, Al, Mg, Mn). Остальную массу препарата со-

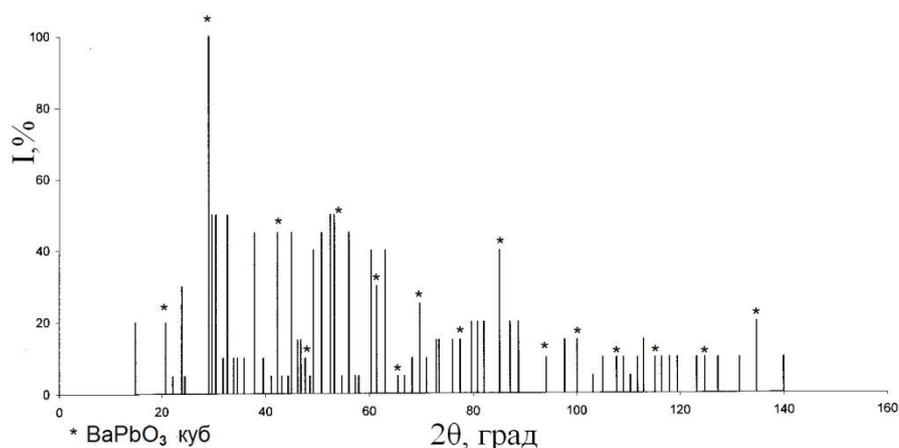


Рис. 3. Штрих-рентгенограмма препарата, полученного при прокаливании смеси $BaCO_3$ и $PbCO_3$ в течение 5 ч при $800^\circ C$

Таблица 1. Фазовый состав имитаторов стартовой композиции

Исходная смесь	T, °C	Состав	Сингония
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	150	$\text{Ba}_{0,265}\text{Pb}_{0,735}(\text{NO}_3)_2$	Ромб.
	500	PbO $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ BaPbO_3	Тетрагон. Куб. Ортором.
	600	BaPbO_3 PbO	Ортором. Ортором.
	700	BaPbO_3 PbO	Куб. Ортором.
	800	BaPbO_3 PbO	Куб. Ортором.
$\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$	150	$(\text{Ba,Pb})\text{CO}_3$ BaCO_3 следовые количества	Ортором. Куб.,
	500	Pb_3O_4 BaPbO_3 BaCO_3	Тетрагон. Ортором. Ортором.
	600	PbO BaPbO_3	Ортором. Ортором.
	700	BaPbO_3 PbO	Куб. Ортором.
	800	PbO BaPbO_3	Ортором. Куб.

ставляли Pb и O. Расчетное соотношение Pb:Ba равно 15. Результаты анализа препаратов методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) представлены в табл. 2 и на рис. 4. Погрешность измерений во всех случаях растровой электронной микроскопии составила около 1%.

В образцах, прокаленных при 500 и 600 °C, характер распределения бария и свинца практически не меняется и остается равномерным на протяжении всего образца. В препаратах, прокаленных при температуре 800 °C, барий крайне неравномерно распределен по объему образцов. Присутствуют как области, значительно обогащенные барием по сравнению со средним значением, так и области, в которых барий отсутствует.

Наиболее вероятно, что первые представляют собой смесь $\text{BaPbO}_3/\text{PbO}$, вторые только PbO в виде индивидуальной фазы. Согласно данным рентгенофазового анализа образование пюмбата бария начинается раньше, чем происходит потеря равномерности распределения бария. Следовательно, можно утверждать, что образование пюмбата бария не влияет на характер распределения компонентов в образцах. Вероятнее всего, неравномерность распределения бария в образцах, прокаленных при 800 °C, связана с возрастанием подвижности ионов в связи с приближением к температуре плавления оксида свинца.

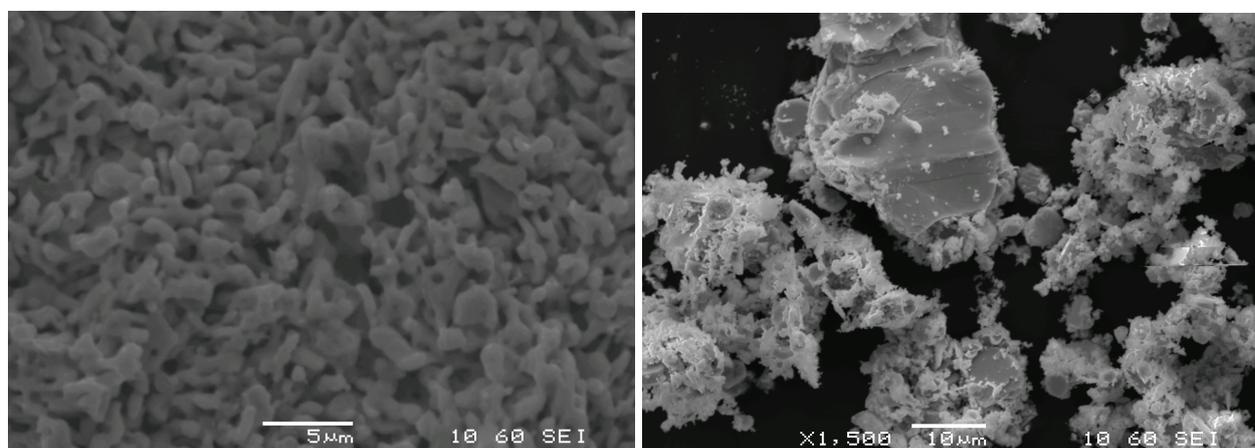


Рис. 4. Микроструктуры образцов препаратов $(\text{Ba, Pb})\text{CO}_3$, облучённых при 600 (слева) и 800 °C (справа), полученные методом растровой электронной микроскопии

Таблица 2. Результаты РЭМ образцов $\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$

Т прокаливания, °С	Кратность увеличения	$\omega(\text{Pb})$, %	$\omega(\text{Ba})$, %
100	8000	88,97± 6,29	3,72± 0,36
	8000	88,11± 1,13	4,56± 0,08
	8000	88,00±1,36	4,66± 0,10
	14000	87,44±3,36	5,20± 0,27
	14000	88,91±2,42	3,78± 0,14
	1000	87,29±3,88	5,35± 0,33
500	14000	86,88± 0,89	5,74± 0,08
	14000	85,72± 0,69	4,60± 0,05
	14000	87,31± 1,24	5,33± 0,10
	8000	85,27± 0,55	7,30± 0,06
	8000	89,27± 4,46	3,43± 0,24
	8000	87,78± 1,13	4,88± 0,09
600	1000	87,24± 1,07	5,39± 0,09
	8000	88,57± 0,45	4,11± 0,03
	8000	88,19± 0,60	4,48± 0,04
	5000	87,28± 0,50	5,36± 0,04
	5000	89,09± 0,40	3,61± 0,02
	1000	87,41± 0,53	5,23± 0,04
800	1500	92,83	<0,1
	1500	79,88± 0,46	12,50± 0,10
	6000	74,70± 0,46	17,49± 0,14
	6000	92,83± 0,45	<0,1
	6000	73,54± 0,68	18,62± 0,22
	1000	84,07± 0,50	8,45± 0,07

$\omega(\text{Pb})$, $\omega(\text{Ba})$ – массовая доля свинца и бария соответственно

Исследование характера распределения компонентов в имитаторах стартовой композиции, полученных из $\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$

Результаты анализа РЭМ представлены в табл. 3 и 4.

Согласно экспериментальным данным можно говорить о том, что распределение бария в образцах, полученных при прокаливании смешанных нитратов, аналогично его распределению в образцах, полученных прокаливанием смешанных карбонатов. В обоих образцах присутствуют как области, обогащенные барием, так и области, где он отсутствует.

Таблица 3. Результаты РЭМ анализа образцов смеси $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, прокаленных при 800 °С, мольное соотношение 1:10

Кратность увеличения	$\omega(\text{Pb})$, %	$\omega(\text{Ba})$, %
1000	92,83±0,44	<0,1
1000	92,83± 0,45	<0,1
2500	79,31±0,42	13,05±0,09
4500	70,31±0,65	21,73±0,25
200	71,2±0,32	20,87±0,12
200	72,89±0,31	19,24±0,11

$\omega(\text{O})$, $\omega(\text{Pb})$, $\omega(\text{Ba})$ – массовая доля свинца и бария соответственно

Исследование скорости выщелачивания бария (радия)

График, иллюстрирующий процесс выщелачивания бария из имитаторов стартовой композиции, приведен на рис. 5.

Самая низкая скорость выщелачивания наблюдается в случае исходных образцов, наиболее вероятной причиной этого является то, что барий входит в состав кристаллов смешанных карбонатов $(\text{Ba,Pb})\text{CO}_3$, в которых основную массу составляет карбонат свинца, произведение

Таблица 4. Результаты РЭМ анализа образцов смеси $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, прокаленных при 800 °С, мольное соотношение 1:20

Кратность увеличения	$\omega(\text{Pb})$, %	$\omega(\text{Ba})$, %
1000	92,83± 0,46	<0,1
1000	80,85± 0,40	11,56± 0,076
1000	92,83± 0,49	<0,1
600	92,83± 0,54	<0,1
600	86,98± 0,66	5,65± 0,058
600	92,83± 0,41	<0,1
3500	92,83± 0,47	<0,1
3500	92,83± 0,50	<0,1
8000	92,83± 1,40	<0,1

$\omega(\text{Pb})$, $\omega(\text{Ba})$ – массовая доля свинца и бария соответственно

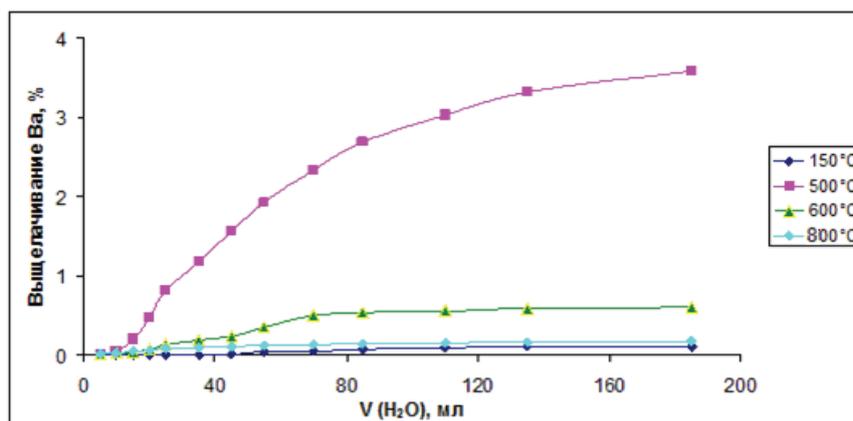


Рис. 5. Кривые выщелачивания бария из имитаторов стартовой композиции при $T=25^{\circ}\text{C}$

растворимости которого ($\text{PP}(\text{PbCO}_3) = 7,4 \cdot 10^{-14}$) намного меньше произведения растворимости карбоната бария ($\text{PP}(\text{BaCO}_3) = 8,1 \cdot 10^{-10}$). При переходе от исходного препарата, содержащего карбонаты бария и свинца, к препарату, прокаленному при 500°C , происходит значительное увеличение скорости выщелачивания. Это увеличение является следствием разложения $(\text{Ba,Pb})\text{CO}_3$ с образованием смеси $\text{BaCO}_3/\text{PbO}_x$. Последующее снижение скорости выщелачивания при повышении температуры прокаливания может быть связано как с превращением карбоната бария в плумбат, так и с образованием более крупных кристаллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно данным рентгенофазового анализа образование плумбата бария начинается при прокаливании смесей $\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$ и $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ выше 500°C . Исследования препаратов, полученных разложением смешанных карбонатов $\text{BaCO}_3/\text{PbCO}_3$, проведенные с использованием метода растровой электронной микроскопии показали, что процесс образования плумбата бария не оказывает влияния на характер распределения бария в объеме препарата. Стоит отметить, что плумбат бария BaPbO_3 при температуре выше 700°C из орторомбического переходит в кубический.

Прокаливание образцов при более высоких температурах (800°C) приводит к разделению образца на несколько отдельных фаз, в одной из которых концентрация ионов Ba^{2+} значительно выше, чем в среднем по объему образца, а другая представляет собой оксид свинца (II), не содержащий соединений бария. Аналогичный результат был получен и для смешанных нитратов $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, прокаленных при 800°C . Этот факт связан с началом плавления оксида свинца.

Проведенные эксперименты по исследованию степени выщелачивания радия из образцов-имитаторов стартовой композиции показали, что наибольшая скорость выщелачивания соответствует препарату, прокаленному при 500°C . При дальнейшем увеличении температуры прокаливания образцов, скорость выщелачивания падает. Исходя из этого, наиболее подходящими для облучения в реакторе свойствами обладают композиции, полученные при температуре $600-700^{\circ}\text{C}$. Полученные в данной работе данные будут использованы при разработке и обосновании безопасности процесса получения радиевых мишеней, предназначенных для облучения в высокопоточном ядерном реакторе.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стартовая композиция на основе радия и способ ее получения. Патент РФ № 2436179.
2. Буткалюк П.С., Буткалюк И.Л., Кузнецов Р.А., Томили Н.В. Синтез и рентгенографическое исследование плумбата радия. // Радиохимия. 2013. Т. 55. № 1. С.19-22.
3. Бутвин В.Н., Баранов А.Ю., Голушко В.В., Капищук И.И. Автоматизированный комплекс для измерения порошковых рентгенограмм. // Приборы и техника эксперимента. 1982. № 6. С. 208.
4. Яковенко А.Г., Баранов А.Ю., Филиппов А. Н. Модернизация измерительного комплекса порошковых рентгенограмм // Новые технологии для энергетики, промышленности и строительства. Вып. 5. Дмитровград. 2002. С. 77-85.
5. PDF. International Centre for Diffraction. Data Sitarthmore. Pennsylvania. 1999.
6. Tani J., Popov G., Mort P.R., Riman R.E. Precursor and processing effects on BaPbO_3 formation kinetics. // J. Mater. Res. 2006. V. 21. № 3. P. 584-596.
7. D. A. Ciomartan, R.J. H. Clark, L.J. McDonald, M. Odlyha. Studies on the thermal decomposition of basic lead(II) carbonate by Fouriertransform Raman spectroscopy, X-ray diffraction and thermal analysis. // J. Chem. SOC., Dalton Trans., 1996, Pages 3639-3645

8. *Vratny F., Gugliotta F.* The thermal decomposition of lead nitrate //Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry. Volume 25, Issue 9, September 1963, Pages 1129–1132.
9. *Changa M.C., Wua J.M., Chengb S.Y. et al.* Reaction kinetics and mechanism of BaPbO₃ formation. // Materials Chemistry and Physics. 2000. V. 65. P. 57–62.

EXAMINATION OF BARIUM-LEAD COMPOSITION PROPERTIES

© 2013 P.S. Butkalyuk¹, I.L. Butkalyuk¹, R.A. Kuznetsov¹,
S.V. Tomilin¹, I.E. Vlasova², I.A. Belobrov³

¹JSC “SSC RIAR”, Ulyanovsk Region, Dimitrovgrad-10

²Lomonosov Moscow State University

³Ulyanovsk State University

The researching of chemical and physical properties of samples to be simulants of starting radium-lead composition that was intended for radium irradiation in the high-flux reactor was done, barium was used instead of radium as it is its closest analogue to produce the simulants.

Key words: alpha-emitters, mixed oxides, radium, plumbates.

Pavel Butkalyuk, Research Fellow, Radionuclide Sources and Radiochemicals Division. E-mail: orip@niiar.ru

Irina Butkalyuk, Research Fellow, Radionuclide Sources and Radiochemicals Division, Graduate Student.

E-mail: orip@niiar.ru

Rostislav Kuznetsov, Candidate of Chemistry, Director for Radionuclide Sources and Radiochemicals Division.

E-mail: orip@niiar.ru

Sergey Tomilin, Candidate of Chemistry, Leading Research Fellow, Radiochemical Division. E-mail: orip@niiar.ru

Irina Vlasova, Candidate of Chemistry, Leading Research Fellow.

E-mail: irinaeng@gmail.com

Ivan Belobrov, Student. E-mail: Suik73@mail.ru