

С.В. Габелков, Р.В. Тарасов, М.С. Полтавцев, М.О. Одейчук, Л.М. Литвиненко,
Ф.В. Белкин

Еволюція фазового складу при термічному розкладанні гідроксидів ітрію та європію

*ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут»,
Академічна 1, Харків-108, 61108, Україна, e-mail: gabelkov@kipt.kharkov.ua*

Нанокристалічний гідроксид ітрію $Y(OH)_3$ отримано з водяного розчину азотнокислого ітрію осадженням гідроксидом амонію. Термообробка в інтервалі температур 280-450 °С приводить до його термічного розкладання до аморфного оксигідроксиду $YO(OH)$, що є особливістю еволюції фаз при термічному розкладанні нанокристалічного гідроксиду ітрію. Подальше підвищення температури приводить до розкладання аморфного $YO(OH)$ і кристалізації наноструктурного кубічного оксиду ітрію з розміром областей когерентного розсіювання 15 ± 3 нм. У той час як термічне розкладання нанокристалічного гідроксиду європію, отриманого аналогічно, проходить без утворення аморфного оксигідроксиду за відомою схемою еволюції фаз: гідроксид \rightarrow оксигідроксид \rightarrow оксид європію з розміром областей когерентного розсіювання не більше 20 нм.

Ключові слова: аморфний оксигідроксид, гідроксид, ітрій, європій, осадження, термічне розкладання, фазовий склад.

Стаття поступила до редакції 22.09.2008; прийнята до друку 15.06.2009.

Вступ

Оксидна кераміка на основі стабілізованого оксиду цирконію знаходить широке застосування в різних галузях економіки для створення високоміцних, термостійких, тріщино-, корозійно- та радіаційностійких виробів. Ці властивості забезпечили її успішне застосування як термобар'єрних, буферних, конструкційних, оптичних матеріалів, паливних осередків, каталізаторів та основ для них і т.ін. [1-5].

Для ядерної енергетики ведуться дослідження зі створення на основі оксиду цирконію матриць для ізоляції радіоактивних відходів [6,7], матричного палива [8] і мішеней для трансмутації актиноїдів [9]. При одержанні оксиду цирконію з необхідними службовими характеристиками застосовуються матеріали стабілізатори, що забезпечують стабільність тетрагональної або кубічної структури. Найкраще сполучення властивостей (мінімальний вміст стабілізатора, високі фізико-механічні властивості й фазова стабільність) має оксид цирконію, стабілізована оксидом ітрію. Застосування оксиду цирконію як матриці для ізоляції радіоактивних відходів, матричного палива або мішеней для трансмутації актиноїдів ініціювало використання лантанодів як імітаторів трансуранових радіонуклідів для забезпечення

безпеки дослідницьких робіт. Для цих цілей застосовують церій, гадоліній і найчастіше європій.

Для зменшення енерговитрат при одержанні керамічних матеріалів з підвищеними властивостями використовують порошки, отримані спільним осадженням гідроксидів цирконію, ітрію, лантаноду та їх наступним термічним розкладанням. При цьому забезпечується гомогенний розподіл оксидів і можливість проведення низькотемпературного синтезу твердого розчину на основі оксиду цирконію. Температура та якісне проведення синтезу твердого розчину значною мірою визначаються еволюцією фаз при термічному розкладанні гідроксидів ітрію й лантаноду.

Метою роботи було дослідження еволюції фазового складу при термічному розкладанні гідроксидів ітрію та європію.

I. Методика експерименту

Гідроксид ітрію одержували осадженням з водяного розчину азотнокислого ітрію. Осадження проводили 25 % розчином гідроксиду амонію NH_4OH (ГОСТ 3760-79). Азотнокислий ітрій одержували обробкою азотною кислотою оксиду ітрію (ИтО-2 ТУ 48-4-191-72). Сушіння осадку тривало протягом 25 - 30 годин при температурі 30 –

40 °С. Гідроксид европію одержували подібним чином, використовуючи як вихідний матеріал оксид европію (ЕвО-Л ТУ 48-199-81).

Термообробку осадків гідроксидів ітрію та европію проводили при температурах 100-650 °С впродовж 0,25-0,5 години.

Термічне розкладання гідроксидів ітрію та европію досліджували методом термогравітаційного / диференціального термічного аналізу (ТГ/ДТА) на дериватографі Q-1500 D в інтервалі температур 20-1000 °С при швидкості нагрівання 13 °С/хв. (маса зразка 0,63-1 г).

Фазовий склад осадку після термообробки визначали методом рентгенівського фазового аналізу (РФА) на дифрактометрі ДРОН-1,5 (Cu K α , Ni фільтр), а за шириною найбільш інтенсивної рентгенівської лінії на її напіввисоті (\square) розраховували середній розмір областей когерентного розсіювання (ОКР) [10].

II. Експериментальні результати

Результати диференціального термічного аналізу гідроксиду ітрію представлено на рис. 1. Виявлено

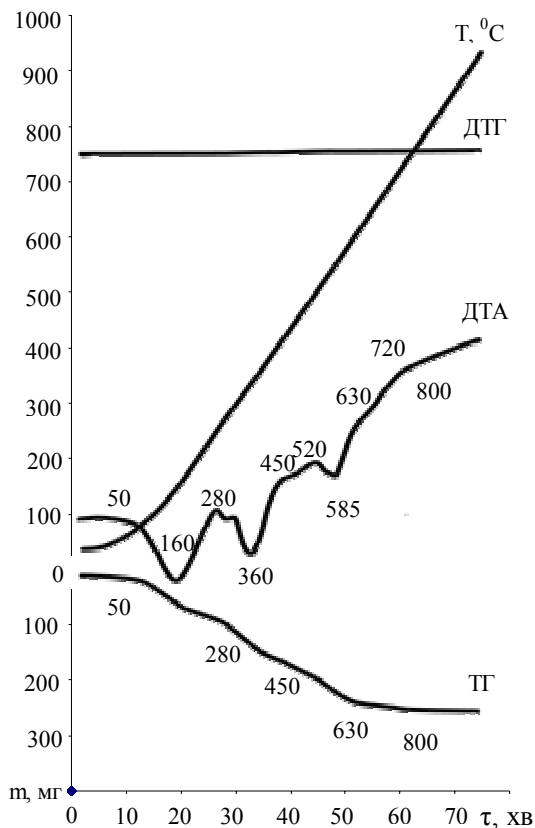


Рис. 1. Результати термогравітаційного / диференціального термічного аналізу гідроксиду ітрію.

присутність чотирьох екстремумів, яким на кривій ДТА відповідають ендо- та екзотермічні ефекти. Перший найсильніший ендотермічний ефект знаходиться в інтервалі температур 50-280 °С з

мінімумом при 160 °С, другий сильний – в інтервалі температур 280-450 °С з мінімумом при 360 °С, третій середній – в інтервалі температур 520-630 °С з мінімумом при 585 °С. Слабкий розмитий екзотермічний ефект знаходиться в інтервалі температур 630-800 °С з нечітким максимумом при 710-730 °С. Вище 800 °С ніяких ефектів не відзначається.

Кожному з ендотермічних ефектів кривої ДТА відповідає втрата маси на кривій ТГ: інтервалові температур 80-280 °С відповідає втрата маси 80 мг, інтервалові температур 280-450 °С – 75 мг, інтервалові температур 450-630 °С – 75 мг. Загальна втрата маси становить 240 мг. В інтервалі температур 630-800 °С втрата маси незначна – 10 мг.

Результати диференціального термічного аналізу гідроксиду европію представлено на рис. 2. Також як

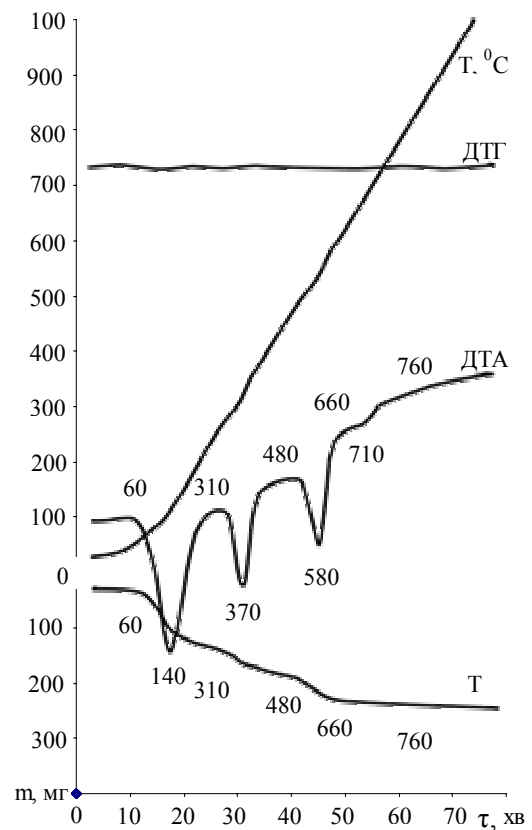


Рис. 2. Результати термогравітаційного / диференціального термічного аналізу гідроксиду европію.

і на рис. 1 виявлено присутність чотирьох ендо- та екзотермічних ефектів. Всі три ендоефекти в порівнянні з ендоефектами на рис. 1, є більш інтенсивними, причому перший найбільш інтенсивний, а другий та третій – практично рівної інтенсивності. Перший ендотермічний ефект знаходиться в інтервалі температур 60-310 °С з мінімумом при 140 °С, другий – в інтервалі температур 310-480 °С з мінімумом при 370 °С, третій – в інтервалі температур 480-660 °С з мінімумом при 580 °С. Слабкий розмитий

екзотермічний ефект знаходиться в інтервалі температур 660-850 °С з не чітким максимумом при 740-760 °С. Вище 850 °С ніяких ефектів не відзначається.

На кривій ТГ першому ендотермічному ефектові в інтервалі температур 60-310 °С кривої ДТА відповідає втрата маси 130 мг, другому ендоефектові в інтервалі температур 310-480 °С – 40 мг, третьому ендоефектові в інтервалі температур 480-710 °С – 55 мг. Загальна втрата маси становить 230 мг. В інтервалі температур 710-1000 °С втрата маси незначна – 5 мг.

Залежності маси гідроксиду ітрію від часу термообробки при постійних температурах 100, 300, 450 і 600 °С представлені на рис. 3 а. Зі зростанням

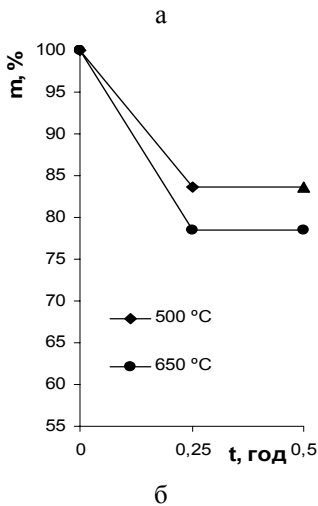
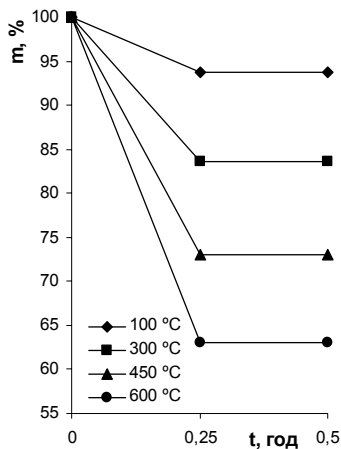


Рис. 3. Залежність маси гідроксидів ітрію (а) та европію (б) від часу термообробки при температурах 100-650 °С.

часу маса зразка при всіх температурах термообробки зменшується й через 0,25 години стає постійною для кожної температури. При температурі 100 °С маса досягає постійної величини й становить 93,7 % мас. від вихідної (тут і далі % масові), для температури 300 °С – 83,7 %, для 450 °С – 73 %, а для 600 °С – 63 % відповідно.

Залежності маси гідроксиду европію від часу термообробки при постійних температурах 500 і 600

°С представлені на рис. 3 б. Аналогічно гідроксиду ітрію маса зразка гідроксиду европію із часом зменшується й через 0,25 години стає постійною для обох температур. При температурі 500 °С маса досягає постійної величини й становить 83,7 % мас. від вихідної, для температури 600 °С – 78,5 % відповідно.

Таким чином, дані рис. 3 демонструють подібність поведінки залежностей маси гідроксидів ітрію й европію від часу термообробки при різних температурах. Маса досягає постійної величини за 0,25 години й далі не змінюється при всіх температурах термообробки.

Дослідження вихідного гідроксиду ітрію й продуктів його розкладання після термообробки при 100, 300, 450 і 600 °С впродовж 0,5 години проведено методом рентгенівського фазового аналізу. Дифрактограми вихідного й термообробленого при 100 °С гідроксиду ітрію практично збігаються. В інтервалах кутів 18,5-22° і 49-53° знаходяться сукупності декількох розширених рентгенівських ліній малої інтенсивності (рис. 4). В інтервалі кутів

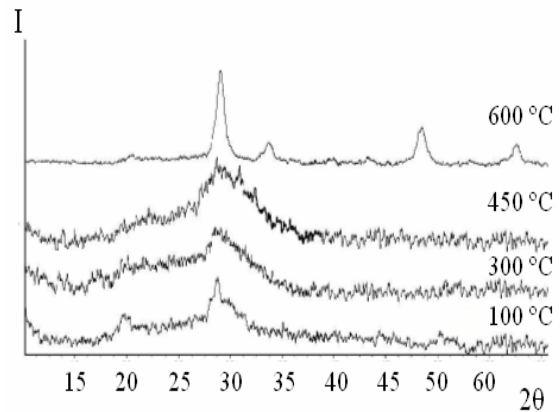


Рис. 4. Частини дифрактограм гідроксиду ітрію, який пройшов термообробку при 100 - 600 °С.

27-33° розташована сукупність рентгенівських ліній, серед яких виділяється лінія з кутом 2θ рівним 28,8° і з розширенням на напіввисоті 0,4°. Це вказує на те, що досліджуєми матеріал є кристалічним і нанорозмірним. Однак через накладення розширених рентгенівських ліній неможливо достовірно ідентифікувати його кристалічну структуру.

Дифрактограма гідроксиду, термообробленого при 300 °С, змінилася (рис. 4). В інтервалах кутів 18,5-22° і 49-53° розширені рентгенівські лінії малої інтенсивності не спостерігаються. Сукупність рентгенівських ліній, яка знаходиться в інтервалі кутів 27-33°, зберігає свою форму, але має меншу інтенсивність. Рентгенівська лінія з кутом 2θ рівним 28,8°, яка спостерігалася раніше серед цієї сукупності ліній, відсутня.

На дифрактограмі гідроксиду ітрію, термообробленого при 450 °С, в інтервалі кутів 24-35° спостерігається «гало» майже симетричної

форми. Його максимум відповідає куту 2θ , рівному 29° , а ширина на напіввисоті становить $5,5^\circ$. Рентгенівських ліній, які відповідають кристалічним фазам, не спостерігається.

На дифрактограмі гідроксиду ітрію, термообробленого при 600°C , «гало» відсутнє та спостерігається вісім розширених рентгенівських ліній різної інтенсивності. Найбільш інтенсивна з них має ширину на напіввисоті рівну $0,85^\circ$. Ці рентгенівські лінії відповідають кубічному оксиду ітрію (JCPDS 43-1036).

Методом рентгенівського фазового аналізу проведені дослідження вихідного гідроксиду європію й продуктів його розкладання після термообробки при 500 і 650°C впродовж $0,5$ години. Дифрактограму осадженого та висушеного гідроксиду європію представлено на рис. 5. На

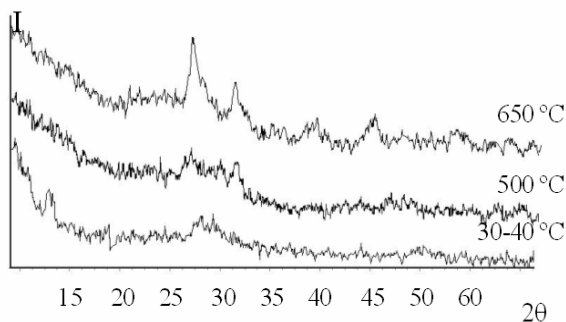


Рис. 5. Частини дифрактограм гідроксиду європію, вихідного й термообробленого при 500 і 650°C .

більшій частині дифрактограми відсутні будь-які рефлекси й тільки в інтервалі кутів $26,5\text{--}31^\circ$ інтенсивність трохи перевищує фонову. Згідно даним (JCPDS 18-0504 [11]) у цьому інтервалі кутів знаходяться найбільш інтенсивні лінії гексагонального гідроксиду європію $\text{Eu}(\text{OH})_3$. Очевидно, підвищення інтенсивності, яке спостерігалось, є накладенням двох розширених рентгенівських ліній малої інтенсивності.

Після термообробки при 500°C на дифрактограмі гідроксиду європію в інтервалі кутів $26\text{--}32,5^\circ$ спостерігається група з 4-5 рентгенівських ліній малої інтенсивності, кожна з яких має розширення на напіввисоті не більше $0,8\text{--}1^\circ$. У цьому інтервалі кутів знаходяться найбільш інтенсивні лінії моноклінного оксигідроксиду європію $\text{EuO}(\text{OH})$ (JCPDS 18-0510 [12]). На інших частинах дифрактограми ніяких рефлексів не спостерігається.

Дифрактограма гідроксиду європію, термообробленого при 600°C , кардинально відрізняється від дифрактограми гідроксиду європію, термообробленого при 500°C . В інтервалі кутів 2θ $26\text{--}30^\circ$ спостерігається часткове накладення двох рентгенівських ліній з розширенням на напіввисоті $0,8\text{--}1^\circ$. Одна з них з кутом рівним $28,4^\circ$ відноситься до кубічного оксиду європію (JCPDS 43-1008), а друга більшої інтенсивності з кутом рівним $27,3^\circ$ – до

моноклінного Eu_2O_3 (JCPDS 43-1009). В інтервалах кутів $30\text{--}33^\circ$ і $39\text{--}41^\circ$ знаходяться часткові накладення двох ліній моноклінного Eu_2O_3 . Часткове накладення ліній моноклінного та кубічного Eu_2O_3 спостерігається в інтервалі кутів $45\text{--}47^\circ$. Аналіз дифракційних даних показав, що гідроксид європію, термооброблений при 600°C , є кубічним і моноклінним оксидами європію з переважним вмістом останнього.

III. Обговорення

Три ендотермічних ефекти на кривій ДТА гідроксиду ітрію (рис. 1) вказують на послідовне термічне розкладання декількох гідроксидів ітрію. Температури, які відповідають початкам інтервалів температур ендотермічних ефектів, співпадають з температурами розкладання гідроксидів ітрію $\text{Y}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Y}(\text{OH})_3$ і $\text{YO}(\text{OH})$ при 50°C , 280°C та 470°C відповідно. Ці дані добре погоджуються з відомими в літературі [13,14], де зазначено, що при термічному розкладанні гідроксидів ітрію еволюція фаз відбувається за такою схемою: гексагональний $\text{Y}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ $\xrightarrow{280^\circ\text{C}}$ моноклінний $\text{YO}(\text{OH})$ $\xrightarrow{470^\circ\text{C}}$ кубічний Y_2O_3 .

Беручи до уваги, що за даними РФА гідроксид ітрію після термообробки при 600°C перейшов у кубічний оксид ітрію з розміром ОКР 15 ± 3 нм і сумарна втрата маси при цьому склала 37% , було розраховано коефіцієнт n у формулі осадженого та висушеного гідроксиду $\text{Y}(\text{OH})_3 \cdot 2,2\text{H}_2\text{O}$.

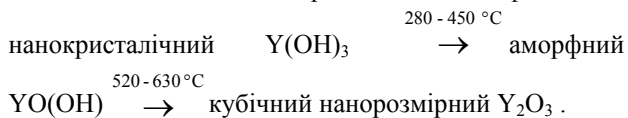
За даними ТГ/ДТА (рис. 1, крива ТГ) втрата маси в інтервалі температур першого ендотермічного ефекту склала $12,7\%$. Маса гідроксиду під час термічного розкладання при постійній температурі 300°C (рис. 2) зменшилася на $16,3\%$, хоча розрахункове значення втрати маси при розкладанні $\text{Y}(\text{OH})_3 \cdot 2,2\text{H}_2\text{O}$ до $\text{Y}(\text{OH})_3$ дорівнює $22,1\%$. Це вказує на те, що втрати маси гідроксидів, визначені експериментально, проходять із деяким відставанням від розрахункового значення.

В інтервалі температур першого та другого ендотермічних ефектів (рис. 1, крива ТГ) втрата маси склала $24,6\%$. Під час термічного розкладання при постійній температурі 450°C (рис. 2) маса гідроксиду зменшилася на 27% , а розрахункове значення втрати маси при розкладанні $\text{Y}(\text{OH})_3 \cdot 2,2\text{H}_2\text{O}$ до $\text{YO}(\text{OH})$ дорівнює $32,1\%$. Втрата маси гідроксидів при розкладанні $\text{Y}(\text{OH})_3 \cdot 2,2\text{H}_2\text{O}$ до $\text{YO}(\text{OH})$ подібна до втрати маси при дегідратації $\text{Y}(\text{OH})_3 \cdot 2,2\text{H}_2\text{O}$ до $\text{Y}(\text{OH})_3$, які проходять із деяким відставанням від розрахункового значення.

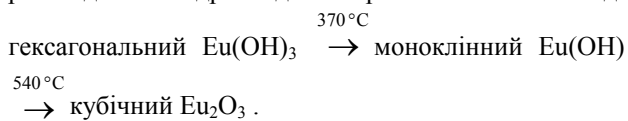
Основна частина зазначених даних співпадає з результатами РФА, проведеного для зразків, які пройшли термообробку при 100°C , 300°C , 450°C і 600°C . Зразок гідроксиду ітрію, який термооброблено при 100°C являє собою нанорозмірний кристалічний матеріал, для якого важко коректно визначити його кристалічну

структуру. Але по збігу інтервалу температур першого ендотермічного ефекту на кривій ДТА, втрати маси на кривій ТГ і втрати маси під час термічного розкладання при температурі 300 °С з літературними даними [14] можна вважати, що матеріал відповідає гідроксиду $Y(OH)_3 \cdot 2,2H_2O$. Термообробка при 300 °С привела до втрати води зазначеним раніше гідроксидом. У результаті термообробки при 450 °С отримано аморфний матеріал, який за втратою маси й за інтервалом температур ендотермічного ефекту відповідає оксигідроксиду ітрію $YO(OH)$. Підвищення температури обробки до 600 °С приводить до розкладання оксигідроксиду та утворенню кубічного оксиду ітрію.

Таким чином, оскільки термічному розкладанню піддавався гідроксид ітрію $Y(OH)_3 \cdot 2,2H_2O$, а кінцевим продуктом розкладання є кубічний оксид ітрію й інтервали температур ендотермічних ефектів відповідають зміні відомої черговості фаз при термічному розкладанні гідроксидів, можна зтверджувати, що аморфний матеріал, який отримано у результаті термообробки при 450 °С є оксигідроксидом ітрію $YO(OH)$. Отже, виходячи з отриманих результатів, термічне розкладання, осадженого нами гідроксиду ітрію, проходить за такою схемою: достовірно не ідентифікований



Наявність трьох ендотермічних ефектів на кривій ДТА гідроксиду європію (рис. 2) свідчить про послідовне термічне розкладання гідроксидів. Температури початку ендотермічних ефектів 60 °С, 310 °С і 480 °С задовільно збігаються з літературними даними по температурах розкладання гідроксидів європію $Eu(OH)_3 \cdot nH_2O$, $Eu(OH)_3$ і $EuO(OH)$ [14]. Схема еволюції фаз при термічному розкладанні гідроксидів європію має вигляд:



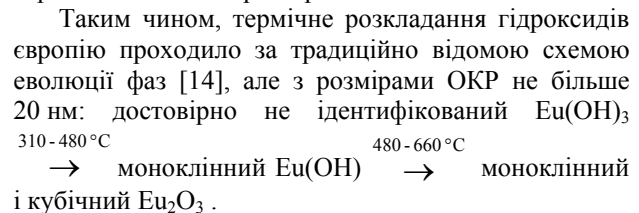
Коефіцієнт n у формулі осадженого й висушеного гідроксиду європію $Eu(OH)_3 \cdot 1,4H_2O$ було розраховано за сумарною втраті маси (23 %) і даним РФА гідроксиду, який пройшов термообробку при 600 °С з утворенням кубічного оксиду європію, аналогічно осадженому та висушеному гідроксиду ітрію. Визначене нами значення n , дорівнює 1,4. Воно істотно менше відомого в літературі, де n завжди більше 3 [14].

За даними ТГ/ДТА (рис. 2, крива ТГ) втрата маси в інтервалі температур першого ендотермічного ефекту склала 13 %, що близько до розрахункового значення втрати маси 11,2 % при дегідратації від $Eu(OH)_3 \cdot 1,4H_2O$ до $Eu(OH)_3$.

В інтервалі температур першого та другого ендотермічних ефектів (рис. 1, крива ТГ) втрата маси склала 17 %. Під час термічного розкладання при постійній температурі 500 °С (рис. 4) маса гідроксиду

зменшилася на 16,3 %, а розрахункове значення втрати маси при розкладанні $Eu(OH)_3 \cdot 1,4H_2O$ до $EuO(OH)$ дорівнює 19 %. Експериментально визначені втрати маси гідроксидів при розкладанні від $Eu(OH)_3 \cdot 1,4H_2O$ до $EuO(OH)$ задовільно збігаються з розрахунковими значеннями.

Дані з термічного розкладання узгоджуються з результатами РФА, який проведено як для осадженого та висушеного, так і для термооброблених при 500 °С і 600 °С гідроксидів європію. Осаджений та висушений гідроксид європію, найбільш вірогідно, є гексагональним гідроксидом $Eu(OH)_3 \cdot nH_2O$. У результаті термообробки при 500 °С отримано моноклінний оксигідроксид європію $EuO(OH)$ з розміром ОКР 14 ± 3 нм. Підвищення температури обробки до 600 °С приводить до розкладання оксигідроксиду та утворенню кубічного й моноклінного оксидів європію з такими ж розмірами ОКР.



Висновки

Гідроксид ітрію $Y(OH)_3$, отриманий осадженням гідроксидом амонію з розчину азотнокислого ітрію, за результатами рентгенівського фазового аналізу є нанокристалічним матеріалом. Термообробка в інтервалі температур 280-450 °С приводить до його термічного розкладання до аморфного оксигідроксиду ітрію $YO(OH)$, який характеризується наявністю «гало» майже симетричної форми на дифрактограмі в інтервалі кутів 24-35° с шириною на напіввисоті 5,5° і максимумом при куті 2θ, рівному 29°. При подальшому підвищенні температури аморфний оксигідроксид в інтервалі температур 520-630 °С розкладається з утворенням наноструктурного кубічного оксиду ітрію з розміром областей когерентного розсіювання 15 ± 3 нм.

Встановлено, що інтервали температур, величини втрат мас і послідовність зміни хімічних сполук при термічному розкладанні в схемі гідроксид → оксигідроксид → оксид ітрію практично збігаються з відомими даними в літературі [14]. Показано, що відмінністю еволюції фаз є утворення аморфного оксигідроксиду $YO(OH)$ при розкладанні нанокристалічного гідроксиду $Y(OH)_3$, з наступним одержанням кубічного нанорозмірного оксиду ітрію при підвищенні температури.

Термічне розкладання нанокристалічного гідроксиду європію, отриманого осадженням гідроксидом амонію з розчину азотнокислого європію, проходить за відомою схемою еволюції фаз: гідроксид → оксигідроксид → оксид європію. При

цьому розмір ОКР отриманих фаз становить не більше 20 нм.

Автори висловлюють щире подяку співробітникам Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Руденко Л. В. за проведення термогравітаційного / диференціального термічного аналізу.

Габелков С.В. – кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник;
Тарасов Р.В. – науковий співробітник;
Полтавцев М.С. – науковий співробітник;
Одейчук М.О. – інженер-дослідник;
Литвиненко Л.М. – інженер-дослідник;
Белкін Ф.В. – інженер-дослідник.

- [1] S.V. Gabelkov, R.V. Tarasov, N.S. Poltavtsev, M.P. Starolat, N.F. Andrievskaja, A.G. Mironova, E.G. Ledovskaja, L.M. Litvinenko, M.A. Odejchuk, F.V. Belkin. Synthesis, morphology and compactibility of tetragonal zirconia nanopowder // *Funct. Mat.*, **14**(2), pp.187-191 (2007).
- [2] Г.Н. Шабанова, С.В. Габелков, Р.В. Тарасов, Н.С. Полтавцев, Ю.П. Курило, А.Н. Корогодская, Д.С. Логвинков, А.Г. Миронова. Особенности кристаллизации аморфного оксида циркония в интервале температур 200 - 450 °С // *Огнеупоры и тех. керамика*, (8), сс. 2-9 (2005).
- [3] А.В. Галахов. Особенности спекания аэрозольных порошков // *Огнеупоры и тех. керамика*, (1-2), сс. 29-33 (1999).
- [4] Shou-Gang Chen, Yan-Sheng Yin, D.-P. Dao-Ping Wang, Jia Li. Reduced activation energy and crystalline size for yttria-stabilized zirconia nano-crystal: an experimental and theoretical study // *J. Cryst. Growth*, **267**(1-2), pp. 100-109 (2004).
- [5] И.А. Даниленко, В.А. Фомченко Т.Е. Константиновна, В.Л. Безусый, В.А. Глазунова/ Нанопорошки диоксида циркония и износостойкая керамика на их основе // *Конструкции из комп. материалов*, (1), сс. 14-22 (2007).
- [6] В.М. Ажажа, В.А. Белоус, С.В. Габелков, Е.Д. Джур, Ю.А. Крикун, В.В. Левенец, Г.В. Лисиченко, И.М. Неклюдов, С.Ю. Саенко, Р.В. Тарасов, Б.А. Шиляев, Б.М. Широков, А.В. Щур. *Ядерная энергетика. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. Под редак. акад. И.М. Неклюдова*. Наукова думка, К. 253 с. (2006).
- [7] M. Streit, W. Wiesenack, T. Trverberg and oth., Zirconia ceramics for excess weapons plutonium waste // *J. Nuc. Mater.* **352**, pp. 349-356 (2006).
- [8] W. L. Gong, W. Lutze, R.C. Ewing, Yttrium stabilized zirconia inert matrix fuel irradiation at an international research reactor // *J. Nuc. Mater.* **277**, pp. 239-249 (2000).
- [9] Y. Croixmarie, E. Abonneau, A. Fernandez and oth., Fabrication of transmutation fuels and targets: the ECRIX and CAMIX-COCHIX experience // *J. Nuc. Mater.* **320**, pp. 11-17 (2003).
- [10] Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев. *Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия*, Металлургия, М. 632 с. (1982).
- [11] Rau. Glover, *J. Am. Ceram. Soc.*, **47**, pp. 382-387 (1964).
- [12] Barnighausen, *Acta Crystallogr.*, **19**, pp. 1047-1052 (1967).
- [13] В.Н. Стрекаловский, Ю.Н., Макурин, Г.Г. Касимов, Э.Г. Вовкотруб, Исследование дегидратации и дефектообразования при получении оксидов со структурой флюорита, *Изв. АН СССР, с. неорг. мат.*, **22**, № 12, сс. 2067-2070 (1986).
- [14] В.П. Чалый. *Гидроксиды металлов, закономерности образования, состав, структура и свойства*. Наукова думка, К. 160 с (1972).

S.V. Gabelkov, R.V. Tarasov, M.S. Poltavtsev, M.O. Odeychuk,
L.M. Litvinenko, F.V. Belkin

Evolution of Phase Composition at Thermal Decomposition of Yttrium and Europium Hydroxides

*NSC «Kharkov institute of physics and technology»,
Academic st. 1, Kharkov-108, 61108, Ukraine, e-mail: gabelkov@kipt.kharkov.ua*

Nanocrystalline yttrium hydroxide $Y(OH)_3$ was obtained by precipitation of ammonium hydroxide from water solution of yttrium nitrate. Heat treatment in the temperature interval 280-450 °C results in its thermal decomposition up to amorphous oxyhydroxide $YO(OH)$, that is feature of phase evolution at thermal decomposition of yttrium hydroxide. The further increase of temperature results in decomposition amorphous $YO(OH)$ and crystallization of nanostructural cubic yttrium oxide with the size of coherent scattering areas 15 ± 3 nm. While thermal decomposition nanosize europium hydroxide obtained analogously, passes without formation amorphous oxyhydroxide according to known schema of phase evolution: hydroxide \rightarrow oxyhydroxide \rightarrow europium oxide with the size of coherent scattering areas no more than 20 nm.

Key words: amorphous oxyhydroxide, hydroxide, yttrium, europium, precipitation, thermal decomposition, phase content.