

**РЕЗЮМЕ.** На основі даних рН-потенціометричного титрування проведено математичне моделювання рівноважних процесів у системах  $\text{LnW}_{10}\text{O}_{36}^{9-}-\text{H}^+/\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}$ ) із загальною концентрацією  $C_{\text{LnW}_{10}\text{O}_{36}^{9-}} = 1 \cdot 10^{-3}$  М. Для розробленої моделі в інтервалі іонних сил  $I = 0.1-1.2$  розраховані концентраційні константи та побудовані діаграми розподілу йонів. Методом Пітера розраховані логарифми термодинамічних констант утворення гетерополівольфрама-тів р.з.е. 5-го та 10-го рядів. Встановлено, що з ростом іонного радіуса лантаноїдів у ряду  $\text{Gd}-\text{La}$  відбувається збільшення значень констант утворення аніонів. Розраховані величини енергії Гіббса для всіх процесів, що відбуваються в розчині та  $\Delta G_f^0$  утворення індивідуальних гетерополівольфрама-тат-аніонів.

**SUMMARY.** According to results of pH-potentiometric titration is realized mathematical modeling of the equilibria processes in system  $\text{LnW}_{10}\text{O}_{36}^{9-}-\text{H}^+/\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}$ ), with the complex-ion concentration  $C_{\text{LnW}_{10}\text{O}_{36}^{9-}} = 1 \cdot 10^{-3}$  M. For developed model in the ionic strength range  $I = 0.1-1.2$  is calculated concentration constants and is plotted the distribution ions diagrams. The logarithms of the thermodynamic formation constants is calculated for hetero-10- and hetero-5-tunstates of rare earth elements by the Pitzer's method. It's determined

that growing of the lanthanide ionic radii among  $\text{Gd}-\text{La}$  is caused increasing values of the anion-formation constants. The calculated values to free Gibbs's energy for all processes, which take place in solution, and  $\Delta G_f^0$  formation of individual hetepolytungstate-anions.

1. Розанцев Г.М., Кривобок В.И., Банникова Т.И., Шелест О.И. // Журн. неорган. химии. -1988. -33, № 6. -С. 1460—1465.
2. Холин Ю.В. Количественный физико-химический анализ комплексообразования в растворах и на поверхности модифицированных кремнеземов: содержательные модели, математические методы и их приложения. -Харьков: Фолио, 2000.
3. Pitzer K.S. // J. Phys. Chem. -1973. -77, № 2. -P. 268—278.
4. Pitzer K.S., Mayorga G. // Ibid. -1973. -77, № 19. -P. 2300—2308.
5. Розанцев Г.М., Игнатъева В.В. // Координац. химия. -2007. -33, № 9. -С. 653—659.
6. Marcus Y. // J. Sol. Chem. -1994. -23, № 7. -P. 831—835.
7. Термические константы веществ: Справочник в десяти выпусках. Вып. VII. -Ч I. Таблицы принятых значений / Под ред. академика В.П. Глушко. -М.: ВИНТИ, 1974.

Донецкий национальный университет

Поступила 29.08.2007

УДК 548.3.735.546.234.682

**Л.Д. Сойка, М. Дашкевич, Б.Д. Белан,  
М.Б. Маняко, В.М. Давидов, Л.Г. Аксельруд, Я.М. Каличак**

### **КРИСТАЛІЧНА СТРУКТУРА СПОЛУК $\text{R}_5\text{Pd}_2\text{In}_4$ ( $\text{R} = \text{Y}, \text{Tb}, \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}, \text{Lu}$ )**

Сполуки рідкісноземельних металів з паладієм та індієм  $\text{R}_5\text{Pd}_2\text{In}_4$  отримано сплавленням чистих металів у дуговій печі в атмосфері аргону. Кристалічну структуру сполуки  $\text{Y}_5\text{Pd}_2\text{In}_4$  визначено з монокристалічних даних (пр.гр.  $P6mm$ ,  $a = 17.990(5)$ ,  $b = 7.974(2)$ ,  $c = 3.6112(9)$  Å,  $Z = 2$ ,  $RI = 0.0434$ ,  $wR2 = 0.0742$ , 461 значень  $F2$ ) і належить до структурного типу  $\text{Lu}_5\text{Ni}_2\text{In}_4$ . Ізоструктурні сполуки знайдено з  $\text{R} = \text{Tb}, \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}, \text{Lu}$ . Їх кристалічну структуру визначено методом порошку.

Системи за участю металів сімейства платини, рідкісноземельних металів (РЗМ) та індію, на відміну від подібних систем металів тріади заліза, досліджені лише на предмет утворення сполук окремих складів [1], деякі з цих сполук мають цікаві фізичні властивості [2]. У випадку паладію ізотермічний переріз діаграми стану побудовано лише для системи  $\text{Ce}-\text{Pd}-\text{In}$  [3] та частково для систем  $\text{Tb}-\text{Pd}-\text{In}$  і  $\text{Ho}-\text{Pd}-\text{In}$  [4]. Встановлено, що в системах РЗМ—Pd—In існують сполуки  $\text{RPd}_2\text{In}$  (стр. тип  $\text{MnCu}_2\text{Al}$ ) [5],  $\text{RPdIn}$  (стр. тип  $\text{ZrNiAl}$ )

[6, 7],  $\text{R}_2\text{Pd}_2\text{In}$  (стр. тип  $\text{Mo}_2\text{FeB}_2$ ) [8]  $\text{RPdIn}_2$  (стр. типи  $\text{MgCuAl}_2$  та  $\text{HfNiGa}_2$ ) [9],  $\text{R}_4\text{Pd}_{10}\text{In}_{21}$  (стр. тип  $\text{Ho}_4\text{Ni}_{10}\text{Ga}_{21}$ ) [10, 11]. Сполуки  $\text{Yb}_2\text{Pd}_6\text{In}_{13}$  [12],  $\text{CePd}_3\text{In}_2$  [13],  $\text{Ce}_{20}\text{Pd}_{36}\text{In}_{67}$  [14],  $\text{Ce}_6\text{Pd}_{12}\text{In}_5$  [15] є першими представниками нових структурних типів. При побудові фазових рівноваг у системі  $\text{Y}-\text{Pd}-\text{In}$  при температурі 870 К нами виявлено існування потрійної сполуки  $\text{Y}_5\text{Pd}_2\text{In}_4$ . Дослідження кристалічної структури цієї сполуки та пошук ізоструктурних сполук є предметом цієї роботи.

Зразки для дослідження виготовляли методом

© Л.Д. Сойка, М. Дашкевич, Б.Д. Белан, М.Б. Маняко, В.М. Давидов, Л.Г. Аксельруд, Я.М. Каличак, 2008

електродугової плавки в атмосфері очищеного аргону (титановий геттер) із компактних металів високої чистоти: Y — 99.99, Pd — 99.98, In — 99.999 %. Гомогенізуючий відпал проводили при температурі 870 К протягом одного місяця. З відпаленого сплаву складу  $Y_{45}Pd_{20}In_{35}$  відібрано монокристал, придатний для досліджень. На першому етапі структура досліджувалась методами Лауе та обертання (камера РКВ-86,  $CuK_{\alpha}$ -випромінювання) і встановлено належність кристалу до ромбічної сингонії, а також два періоди ідентичності. Масив даних для розшифровки структури отримано на автоматичному дифрактометрі CAD4 CCD,  $MoK_{\alpha}$ -випромінювання. Обробка масиву та уточнення структури здійснювали за допомогою програми SHELX-97 [16].

З метою пошуку сполук, ізоструктурних до  $Y_5Pd_2In_4$ , методом електродугової плавки були синтезовані зразки з Tb, Dy, Ho, Er, Tm та Lu (чистота РЗМ не менше 99.9 % мас.). Зразки досліджені в литому та відпаленому при 870 К (1 міс) стані. Кристалічна структура сполук  $R_3Pd_2In_4$  досліджена методом порошку (дифрактометр HZG-4a,  $FeK_{\alpha}$ -випромінювання).

Деталі експерименту та кристалографічні параметри сполуки  $Y_5Pd_2In_4$  представлені в табл. 1–3. Структура уточнена в рамках просторової групи  $Pbam$  і належить до структурного типу  $Lu_5Ni_2In_4$  [17].

Проекція структури сполуки  $Y_5Pd_2In_4$  на площину XY та координаційні многогранники атомів показані на рис. 1. Міжатомні віддалі та координаційні числа атомів у сполуці  $Y_5Pd_2In_4$  наведені у табл. 4.

Координаційні числа (КЧ) усіх сортів атомів у сполуці  $Y_5Pd_2In_4$ , яка містить відносно велику кількість рідкісноземельного металу, є меншими, ніж для сполук, багатих на перехідний метал, де КЧ для РЗМ сягають значень 20–24, а для перехідного металу — 12 [18]. Для атомів ітрію це тетрагональні або пентагональні призми з центрованими основами і деякими бічними гранями (КЧ = 16; 14; 12), для атомів паладію — тригональні призми з центрованими бічними гранями (КЧ = 9) та для атомів індію — деформовані дефектні тетрагексаедри (КЧ = 12; 13). Стосовно атомів ітрію, найменшим є КЧ для атомів Y1 (КЧ = 12) і власне тут спостерігається найбільше скорочення між-атомних відстаней, зокрема до чотирьох атомів In1 ( $\delta = 2.751 \text{ \AA}$ ), яке становить близько 20 %. Чотири атоми In2 знаходяться на більшій відстані —  $3.316 \text{ \AA}$  (скорочення становить близько 5 %) і разом з атомами In1 утворюють тетрагональну призму. Пентагональна призма навколо атомів Y2 утворена з чотирьох атомів Pd (скорочення від-

Т а б л и ц я 1

**Експериментальні умови та результати дослідження кристалічної структури сполуки  $Y_5Pd_2In_4$**

Умови дослідження	Параметри структури
Молярна маса, г/моль	1116.61
Просторова група	$Pbam$
Кількість формульних одиниць, Z	2
Температура поміру, К	293(2)
Розрахована густина, г/см <sup>3</sup>	7.158
Параметри комірки: a, Å	17.990(5)
b, Å	7.974(2)
c, Å	3.6112(9)
Об'єм комірки V, Å <sup>3</sup>	518.1(2)
Дифрактометр	CAD4 CCD
$MoK_{\alpha}$ -випромінювання, λ, Å	0.71073
Коефіцієнт абсорбції, μ, мм <sup>-1</sup>	39.664
Монохроматор	Графіт
Кількість відбиттів: заміряних	6507
незалежних	1005
із $F > 2\sigma(F)$	461
θ, min—max	2.79—36.29°
Кількість уточнених параметрів	35
$R_1$	0.0434
$R_w$	0.0742

Т а б л и ц я 2

**Координати атомів у структурі  $Y_5Pd_2In_4$**

Атом	ПСТ	x	y	z
Y1	2a	0	0	0
Y2	4g	0.21813(9)	0.24011(19)	0
Y3	4g	0.41781(9)	0.11709(18)	0
Pd	4h	0.30382(7)	0.02550(13)	1/2
In1	4h	0.56849(7)	0.29058(12)	1/2
In2	4h	0.84943(7)	0.07915(13)	1/2

Т а б л и ц я 3

**Анізотропні теплові параметри атомів у структурі  $Y_5Pd_2In_4$**

Атом	$U_{11}$	$U_{22}$	$U_{33}$	$U_{12}^*$
Y1	0.0253(14)	0.0132(10)	0.0219(14)	0.0034(10)
Y2	0.0228(10)	0.0105(6)	0.0213(10)	0.0019(7)
Y3	0.0219(10)	0.0103(7)	0.0231(10)	0.0007(6)
Pd	0.0192(7)	0.0095(5)	0.0250(8)	0.0003(5)
In1	0.0214(8)	0.0092(5)	0.0297(8)	-0.0017(4)
In2	0.0189(7)	0.0104(5)	0.0304(8)	-0.0010(5)

\*  $U_{13} = U_{23} = 0$ .

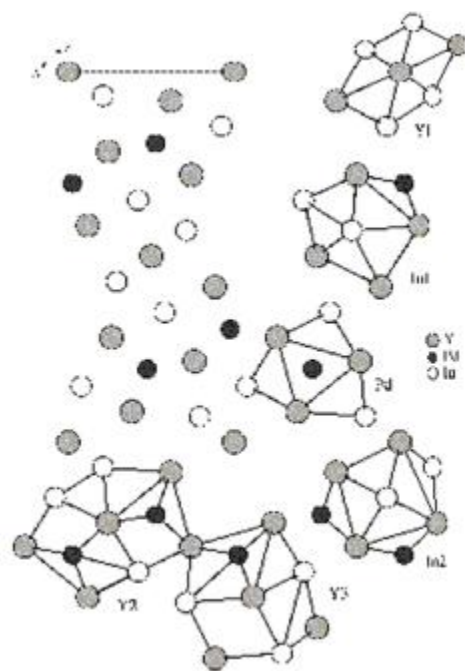


Рис. 1. Проекція структури сполуки  $Y_5Pd_2In_4$  на площину  $XY$  та координаційні многогранники атомів.

Т а б л и ц я 4

Міжатомні відстані та координаційні числа атомів у сполуці  $Y_5Pd_2In_4$

Атом	$\delta$ , Å	КЧ	Атом	$\delta$ , Å	КЧ
Y1	4In1 2.751(1)	12	Pd	2Y3 2.828(2)	9
	4In2 3.316(1)			In2 2.880(2)	
	2Y3 3.392(2)			2Y2 2.927(2)	
	2Y1 3.611(1)			2Y2 2.932(2)	
Y2	2Pd 2.927(2)	16	In2	3.258(2)	12
	2Pd 2.932(2)			In1 3.410(2)	
	2In1 3.251(2)			In2 2.734(2)	
	2In2 3.304(2)			2Y1 2.751(1)	
	2In2 3.349(2)			2Y2 3.251(2)	
	2Y2 3.611(1)			Pd 3.410(2)	
	Y3 3.724(2)			2Y3 3.539(2)	
	Y3 3.875(2)			2In1 3.611(1)	
Y3	2Y2 4.149(2)	14	In2	In1 2.734(2)	13
	2Pd 2.828(2)			Pd 2.880(2)	
	2In2 3.262(2)			Pd 3.258(2)	
	Y1 3.392(2)			2Y3 3.262(2)	
	Y3 3.497(2)			2Y2 3.304(2)	
	2In1 3.539(2)			2Y1 3.316(1)	
	2Y3 3.611(1)			2Y2 3.349(2)	
	Y2 3.724(2)			2In2 3.611(1)	
	2In1 3.727(2)				
	Y2 3.875(2)				

станей близько 8 %) та шести атомів In (скорочення до 7 %). Для атомів Y3 координаційне оточення існує у вигляді тетрагональної призми, вершинами якої є два атоми Pd (скорочення відстаней близько 11 %) та шість атомів In, з яких лише два атоми In2 знаходяться на вкорочених до 6 % відстанях. Атоми паладію знаходяться в центрах тригональних призм із атомів ітрію, з яких два атоми Y3 знаходяться на відстані 2.828 Å (скорочення близько 11 %) та чотири атоми Y2 на відстанях 2.927—2.932 Å (скорочення до 8 %). Бічні грані центровані трьома атомами індію, один з яких, In2, є на значно меншій відстані — 2.880 Å (скорочення до 5 %), ніж два інші. Координаційні сфери атомів індію можна також представити як тетрагональні призми з атомів ітрію, основи яких центровані одноіменними атомами на віддалі періоду  $c$ , а частина бічних граней центровані атомами індію або паладію. Міжатомна відстань In1—In2 у цих многогранниках є досить скороченою і становить 2.734 Å (скорочення близько 15 %). Ще раз слід відзначити сильну взаємодію атомів In1—Y1. Інші атоми у цих многогранниках знаходяться на відстанях, близьких або незначно більших від суми радіусів атомів.

Структура сполуки  $Y_5Pd_2In_4$  є двошаровою,

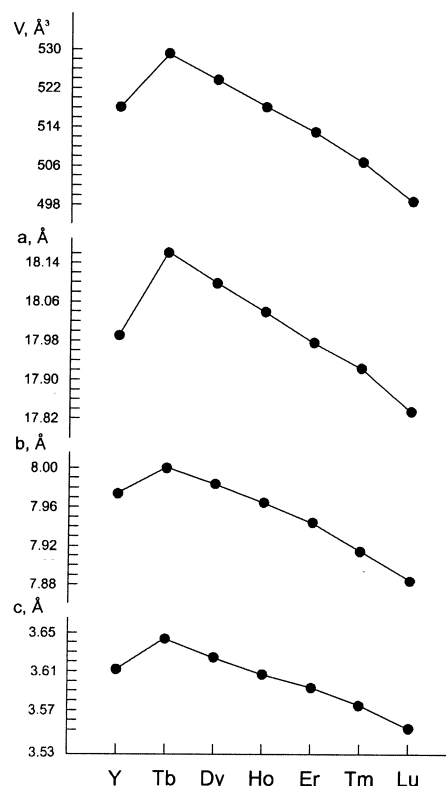


Рис. 2. Зміна параметрів комірки сполук  $R_5Pd_2In_4$ .

Т а б л и ц я 5

Результати уточнення кристалічної структури сполук  $R_5Pd_2In_4$ 

Показники	Tb <sub>5</sub> Pd <sub>2</sub> In <sub>4</sub>	Dy <sub>5</sub> Pd <sub>2</sub> In <sub>4</sub>	Ho <sub>5</sub> Pd <sub>2</sub> In <sub>4</sub>	Er <sub>5</sub> Pd <sub>2</sub> In <sub>4</sub>	Tm <sub>5</sub> Pd <sub>2</sub> In <sub>4</sub>	Lu <sub>5</sub> Pd <sub>2</sub> In <sub>4</sub>
Параметри комірки, Å: <i>a</i>	18.1608(34)	18.0984(26)	18.0379(18)	17.9813(17)	17.9239(17)	17.8297(19)
<i>b</i>	8.0001(19)	7.9834(15)	7.9651(12)	7.9446(9)	7.9162(9)	7.8846(11)
<i>c</i>	3.6435(8)	3.6253(6)	3.6078(4)	3.5934(4)	3.5758(4)	3.5506(4)
Об'єм комірки <i>V</i> , Å <sup>3</sup>	529.4(2)	523.8(2)	518.3(1)	513.3(1)	507.4(1)	499.1(1)
Густина <i>D<sub>X</sub></i> , г/см <sup>3</sup>	9.205	9.416	9.593	9.760	9.932	10.296
Фактор шкали, <i>SF</i>	0.153(2)•10 <sup>-5</sup>	0.449(4)•10 <sup>-5</sup>	0.375(4)•10 <sup>-5</sup>	0.665(5)•10 <sup>-5</sup>	0.143(4)•10 <sup>-4</sup>	0.716(5)•10 <sup>-5</sup>
Параметр текстури <i>G</i> [напряг]	0.824(9) [100]	0.809(7) [100]	0.729(7) [100]	0.822(6) [100]	0.990(0) [100]	0.829(6) [100]
Інтервал 2θ (крок 0.05°)	8–140	10–140	10–140	10–140	10–140	10–140
Нульове значення 2θ, °	-0.018(9)	-0.069(7)	-0.055(6)	-0.046(5)	0.120(5)	-0.061(6)
Кількість відбить	606	606	593	588	583	573
Параметри ширини піків: <i>U</i>	0.03(3)	0.05(3)	0.03(2)	0.03(1)	0.02(2)	0.04(2)
<i>V</i>	-0.04(4)	-0.03(4)	-0.03(2)	-0.02(2)	0.03(2)	-0.05(3)
<i>W</i>	0.05(1)	0.04(1)	0.028(7)	0.030(6)	0.015(6)	0.049(9)
Параметр змішування η	1.20(8)	1.19(6)	1.04(6)	1.14(5)	1.11(5)	1.20(6)
Параметр асиметрії піків <i>C<sub>M</sub></i>	0.10(2)	0.13(2)	0.18(2)	0.17(2)	0.09(2)	0.15(2)
Кількість уточнених параметрів	21	21	21	21	24	21
Фактор достовірності <i>R<sub>p</sub></i> , <i>R<sub>wp</sub></i>	0.042; 0.055	0.028; 0.040	0.076; 0.113	0.061; 0.090	0.049; 0.073	0.049; 0.076
Фактор добротності <i>S</i>	0.42	0.54	0.79	0.88	0.86	0.90
Параметри атомів *						
R2 4(g) <i>x y 0</i>	<i>x</i> =0.2186(8) <i>y</i> =0.2474(31)	<i>x</i> =0.2215(6) <i>y</i> =0.2492(24)	<i>x</i> =0.2208(6) <i>y</i> =0.2420(25)	<i>x</i> =0.2196(5) <i>y</i> =0.2432(17)	<i>x</i> =0.2197(4) <i>y</i> =0.2438(15)	<i>x</i> =0.2189(5) <i>y</i> =0.2434(17)
R3 4(g) <i>x y 0</i>	<i>x</i> =0.4206(8) <i>y</i> =0.1129(2)	<i>x</i> =0.4197(7) <i>y</i> =0.1114(15)	<i>x</i> =0.4213(7) <i>y</i> =0.1122(18)	<i>x</i> =0.4204(6) <i>y</i> =0.1086(12)	<i>x</i> =0.4200(5) <i>y</i> =0.1106(11)	<i>x</i> =0.4196(5) <i>y</i> =0.1070(12)
Pd 4(h) <i>x y 1/2</i>	<i>x</i> =0.3098(9) <i>y</i> =0.0299(37)	<i>x</i> =0.3055(7) <i>y</i> =0.0288(28)	<i>x</i> =0.3057(5) <i>y</i> =0.0258(27)	<i>x</i> =0.3033(6) <i>y</i> =0.0244(23)	<i>x</i> =0.3042(6) <i>y</i> =0.0231(21)	<i>x</i> =0.3011(7) <i>y</i> =0.0163(26)
In1 4(h) <i>x y 1/2</i>	<i>x</i> =0.5721(1) <i>y</i> =0.2851(28)	<i>x</i> =0.5739(9) <i>y</i> =0.2828(21)	<i>x</i> =0.5714(7) <i>y</i> =0.2850(21)	<i>x</i> =0.5725(7) <i>y</i> =0.2845(17)	<i>x</i> =0.5716(7) <i>y</i> =0.2880(16)	<i>x</i> =0.5702(8) <i>y</i> =0.2859(18)
In2 4(h) <i>x y 1/2</i>	<i>x</i> =0.8507(8) <i>y</i> =0.0548(28)	<i>x</i> =0.8482(6) <i>y</i> =0.0578(22)	<i>x</i> =0.8507(6) <i>y</i> =0.0590(22)	<i>x</i> =0.8492(5) <i>y</i> =0.0632(18)	<i>x</i> =0.8490(5) <i>y</i> =0.0654(18)	<i>x</i> =0.8481(6) <i>y</i> =0.0640(20)

\* Атоми R1 займають положення 2(a) 0 0 0; параметри теплових коливань атомів фіксовані і становлять  $0.5 \cdot \text{Å}^2$  для атомів рідкісноземельних металів та  $0.7 \cdot \text{Å}^2$  — для атомів паладію та індію.

один шар побудований виключно із атомів ітрію, які утворюють трикутні та чотирикутні сітки, а інший — із атомів індію та паладію. Разом із структурними типами Mo<sub>2</sub>FeB<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>AlB<sub>2</sub>, Cr<sub>3</sub>AlB<sub>4</sub> тип Lu<sub>5</sub>Ni<sub>2</sub>In<sub>4</sub> утворює гомологічну серію, побудовану на простіших структурних типах AlB<sub>2</sub> та CsCl із загальною формулою R<sub>*m+n*</sub>M<sub>2*n*</sub>X<sub>*m*</sub>, де *m* — число фрагментів типу CsCl, *n* — типу AlB<sub>2</sub> [18].

Ізоструктурні сполуки (табл. 5) вдалося отримати з важкими рідкісноземельними металами Tb,

Dy, Ho, Er, Tm та Lu. Зміна періодів та об'єму елементарної комірки узгоджується з ефектом лантаноїдного стиснення (рис. 2). Для систем з нікелем [17] сполуки цього типу відомі також для менших за розмірами РЗМ Ho, Er, Tm та Lu. У системах з платиною виявлена лише одна ізоструктурна сполука Ce<sub>5</sub>Pt<sub>2</sub>In<sub>4</sub> [19].

РЕЗЮМЕ. Соединения редкоземельных металлов с палладием и индием R<sub>5</sub>Pd<sub>2</sub>In<sub>4</sub> получены плавкой чи-

стых металлов в дуговой печи в атмосфере аргона. Кристаллическая структура соединения  $Y_5Pd_2In_4$  определена из монокристаллических данных (пр. гр. *Pbam*,  $a=17.990(5)$ ,  $b=7.974(2)$ ,  $c=3.6112(9)$  Å,  $Z=2$ ,  $RI=0.0434$ ,  $wR2=0.0742$ , 461 значений  $F2$ ) и принадлежит к структурному типу  $Lu_5Ni_2In_4$ . Изоструктурные соединения найдены с R = Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu. Их структура определена методом порошка.

SUMMARY. The rare earth-palladium-indium compounds  $R_5Pd_2In_4$  were prepared by arc-melting of pure metals under an argon atmosphere. Crystal structure of  $Y_5Pd_2In_4$  was refined from X-ray single crystal diffractometer data (space group *Pbam*,  $a=17.990(5)$ ,  $b=7.974(2)$ ,  $c=3.6112(9)$  Å,  $Z=2$ ,  $RI=0.0434$ ,  $wR2=0.0742$ , 461  $F2$  value) and belong to  $Lu_5Ni_2In_4$  structure type. Isostructural compounds were found with R = Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu and their crystal structure was determined from X-ray powder data.

1. *Kalychak Ya. M., Zaremba V.I., Pottgen R. et al. // Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths. -Amsterdam: Elsevier, 2005. -34. -Ch. 218. -P. 1—133.*
2. *Thalmeier P., Zwicknagl G. // Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths. -Amsterdam: Elsevier, 2005. -34. -Ch. 219. -P. 135—287.*
3. *Giovannini M., Saccone A., Delfino S. et al. // Intermetallics. -2003. -11. -P. 197—206.*
4. *Giovannini M., Saccone A., Delfino S., Rogl P. // Ibid. -2003. -11. -P. 1237—1243.*

5. *Dwight A., Kimball C.W. // J. Less-Common Met. -1987. -127, № 3. -P. 179—182.*
6. *Ferro R., Marazza R., Rambaldi G. // Z. Metallkd. -1974. -65, № 1. -S. 37—39.*
7. *Tursina A.I., Nesterenko S.N., Seropegin Y.D. // Acta Cryst. E. -2004. -E60. -P. i64—i65.*
8. *Hulliger F., Hue B.Z. // J. Alloys Compd. -1994. -215. -P. 267—270.*
9. *Zaremba V.I., Kaczorowski D., Rodewald U.Ch. et al. // Chem. Mater. -2004. -16, № 3. -P. 466—476.*
10. *Zaremba V.I., Rodewald U.Ch., Kalychak Ya.M. et al. // Z. Anorg. Allg. Chem. -2003. -629. -P. 434—442.*
11. *Zaremba V.I., Rodewald U.Ch., Lukachuk M. et al. // Monatsh. Chem. -2006. -137. -P. 249—261.*
12. *Zaremba V.I., Dubenskiy V.P., Kalychak Ya.M. et al. // Solid State Sciences. -2002. -4. -P. 1293—1298.*
13. *Nesterenko S.N., Tursina A.I., Rogl P., Seropegin V.D. // J. Alloys Compd. -2004. -373. -P. 220—222.*
14. *Tursina A.I., Nesterenko S.N., Noel H., Seropegin V.D. // Acta Cryst. E. -2005. -E61. -P. i99—i101.*
15. *Nesterenko S.N., Tursina A.I., Noel H., Seropegin V.D. // J. Alloys Compd. -2006. -426. -P. 190—192.*
16. *Sheldrick G.M. SHELXL-97, Program for crystal structure refinement. -University of Gottingen: Germany, 1997.*
17. *Заремба В.И., Калычак Я.М., Завалий П.Ю., Брусков В.А. // Кристаллография. -1991. -36. -С. 1415—1418.*
18. *Калычак Я. // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. хім. -2001. -Вип. 40. -С. 3—20.*
19. *Tursina A.I., Kurenbaeva Z.M., Shtepa D.V. et al. // Acta Cryst. E. -2006. -E62. -P. i80—i82.*

Львівський національний університет ім. Івана Франка  
 Інститут низьких температур і структурних досліджень  
 ім. В. Тшебятковського Польської академії наук, Вроцлав

Надійшла 07.09.2007