

ЛІТЕРАТУРА

1. Van der Plas T. Physical and Chemical Aspects of Adsorbents and Catalysts. -London: Academ. Press, 1970.
2. Bansal R.C., Donnet J.B., Stoeckli F. Active carbon. -New York: Marcel Dekker, 1988.
3. Leon y Leon C.A., Radovic L.R. / Ed. by P.A.Thrower. -New York: Marcel Dekker, 1994. -24. -P. 213—310.
4. Puri B.R. Chemistry and Physics of Carbon / Ed. by P.J.Walker Jr. -New York: M.Dekker, 1970. -6. -P. 191—282.
5. Cadenas-Perez A.F., Maldonado-Hodar F.J., Moreno-Castilla C. // Carbon. -2003. -41. -P. 473—478.
6. Fanning P.E., Vannice M.A. // Ibid. -1993. -31. -P. 721—730.
7. Matzner R., Boehm H.P. // Ibid. -1998. -36. -P. 1697—1709.
8. Fitzner E., Geigl K.H., Huttner W., Weiss R. // Ibid. -1980. -18, № 6. -P. 389—393.
9. Николаев В.Г., Стрелко В.В. Гемосорбция на активированных углях. -Киев: Наук. думка, 1979.
10. Кузин И.А., Лоскутов А.И. // Журн. прикл. химии. -1966. -39, № 1. -С. 100—104.
11. Щербіцький А.Б., Картель Н.Т., Михаловский С.В. и др. // Адсорбция и адсорбенты. -1983. -№ 11. -С. 80—84.
12. Adib F., Bagreev A., Bandoz T.J. // Langmuir. -2000. -16. -P. 1980—1986.
13. Bagreev A., Bashkova S., Bandoz T.J. // Ibid. -2002. -18. -P. 1257—1264.
14. Calahorro C.V., Garcia A.M., Garcia A.B., Serrano V.G. // Carbon. -1990. -28, № 2—3. -P. 321—335.
15. Seron A., Benaddi H., Beguin F. et al. // Ibid. -1996. -34, № 4. -P. 481—487.
16. Пат. України №42910 А. -Опубл. 15-Лис-01; Бюл. № 10.
17. Puziy A.M., Poddubnaya O.I., Ritter J.A. et al. // Carbon. -2001. -39, № 15. -P. 2313—2324.
18. Puziy A.M., Poddubnaya O.I. // Materials Science Forum. -1999. -308. -P. 908—913.
19. Пузий А.М., Поддубная О.И., Ставицкая С.С. // Журн. прикл. химии. -2004. -77, № 8. -С. 1279—1283.
20. Provencher S.W. // Computer Physics Communications. -1982. -27. -P. 213—227.
21. Provencher S.W. // Ibid. -1982. -27. -P. 229—242.
22. Puziy A.M., Matynia T., Gawdzik B., Poddubnaya O.I. // Langmuir. -1999. -15. -P. 6016—6025.
23. Lange's Handbook of Chemistry / Ed. by John A. Dean, 15th edition. -New York: McGraw-Hill Inc., 1999. -Section 3. -P. 3.41.
24. Kortum G., Vogel W., Andrussov K. Dissociation Constants of Organic Acids in Aqueous Solution. -London: Butterworth, 1961. -P. 189—536.
25. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. -Л.: Химия, 1978.
26. Stumm W., Morgan J.J. Aquatic Chemistry. -New York: John Wiley & Sons, 1996.
27. Puziy A.M., Poddubnaya O.I., Martinez-Alonso A. et al. // Carbon. -2002. -40, № 9. -P. 1493—1505.
28. Leon y Leon C.A., Solar J.M., Calemma V., Radovic L.R. // Ibid. -1992. -30, № 5. -P. 797—811.
29. Montes-Moran M.A., Menendez J.A., Fuente E., Suarez D. // J. Phys. Chem. B. -1998. -102. -P. 5595—5601.
30. Фрумкин А.Н. Потенциалы нулевого заряда. -М: Наука, 1982.
31. Тарасевич М.Р. Электрохимия углеродных материалов. -М: Наука, 1984.
32. Boehm H.P. // Advances in Catalysis / Eds. D.D.Eley, H.Pines, P.B.Weisz. -New York: Academ. Press, 1966. -16. -P. 179—274.
33. Puziy A.M., Poddubnaya O.I., Ziatdinov A.M. // Appl. Surf. Sci. -2006. -252. -P. 8036—8038.
34. Puziy A.M., Poddubnaya O.I., Socha R.P. et al. // Carbon. -2008. -46, № 15. -P. 2113—2123.

Інститут сорбції та проблем ендоекології
НАН України, Київ

Надійшла 26.04.2010

УДК 546.06

В.Д.Александров, А.Ю.Соболев, О.В.Соболь

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ

Na₂CO₃·10H₂O—Na₂SO₄·10H₂O *

Методами термического анализа построена диаграмма состояния системы Na₂CO₃·10H₂O—Na₂SO₄·10H₂O с метастабильными областями.

* Работа выполнена в рамках госбюджетной НИР по плану Министерства образования и науки Украины в области фундаментальных исследований.

© В.Д.Александров, А.Ю.Соболев, О.В.Соболь, 2012

ВВЕДЕНИЕ. Кристаллогидраты сульфата и карбоната натрия находят широкое применение при создании термоаккумулирующих материалов (ТАМ) на основе периодических фазовых превращений типа плавление—кристаллизация [1—7]. Основными характеристиками ТАМ являются высокие значения энтальпий плавления ΔH_L , устойчивая стабильность эндо- и экзотермических эффектов при многократном термодублировании, знание разновидностей кристаллизации и величин предкристаллизационных переохлаждений. Однако для полного анализа характеристик ТАМ в литературе практически отсутствуют сведения о диаграммах состояния бинарных кристаллогидратов. Имеются лишь данные об отдельных смесях этих кристаллогидратов, используемых в качестве ТАМ. В работах [8—11] при изучении кинетики кристаллизации в системах вода—карбонат натрия (Na_2CO_3), вода—сульфат натрия (Na_2SO_4) методом циклического термического анализа (ЦТА) были установлены величины предкристаллизационных переохлаждений и влияние различных факторов на них, найдены области метастабильности расстворов, которые были нанесены на соответствующие диаграммы состояния [10] в части, ограниченной кристаллогидратами $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (СН-10) и $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (КН-10). Однако для создания эффективных ТАМ важно знать диаграммы состояния смесей этих кристаллогидратов. Поэтому цель данной работы — построение диаграммы состояния СН-10—КН-10 и установление границ метастабильности относительно линий ликвидуса и солидуса.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА. Все смеси в системе СН-10—КН-10 изучали в условиях, в которых индивидуальные кристаллогидраты имели достаточное переохлаждение. Исследовали смеси, содержащие 0(І), 11 (ІІ), 22(ІІІ), 33(ІV), 43(V), 53 (VI), 63(VII), 72(VIII), 82(IX), 91(X), 100 (XI) % мол. СН-10. Образцы готовили по стандартной методике [8, 9]. Все образцы, имеющие одинаковые массы по 1 г, помещали в стеклянные пробирки с притертыми крышечками. Нагрев и охлаждение образцов осуществляли с помощью печи сопротивления в интервале температур от -15 до $+75$ °С. Для этого печь и образцы

помещали в морозильную камеру, работающую при температуре -20 °С. Скорости нагрева и охлаждения подбирали примерно одинаковыми и варьировали в диапазоне 0.15 — 0.2 К/с. Запись кривых ЦТА и ДТА, а также управление процессами нагрева—охлаждения производили при помощи измерителя-регулятора ТРМ202 фирмы Овен и компьютера. Образцов каждого состава приготавливали не менее трех, количество термодублирований на каждом составе — не менее десяти.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. На первом этапе образцы нагревали и охлаждали с целью определения температур ликвидуса T_L и солидуса T_S . Результаты средних значений этих величин представлены в табл. 1. По данным таблицы построены линии ликвидуса для системы $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (жирные линии). Полученная диаграмма состояния показана на рис. 1. Линия, соответствующая температурам T_S , практически является прямой и, по-видимому, характеризует эвтектическую линию. Однако сплошная линия ликвидуса не характерна для сплавов эвтектического типа. Если при увеличении концентрации второго компонента как слева, так и справа на 30 — 35 % наблюдается уменьшение температуры ликвидуса, то в центральной части они

Т а б л и ц а 1

Составы образцов и соответствующие им средние температуры (°С) ликвидуса T_L , солидуса T_S , минимальных температур T_{min} , переохлаждений ΔT_L^- и ΔT_S^- относительно температур T_L и T_S соответственно в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Образец	Q	$\langle T_L \rangle$	$\langle T_L^{min} \rangle$	$\langle \Delta T_L^- \rangle$	$\langle \Delta T_S^- \rangle$	$\langle T_S^{min} \rangle$	$\langle \Delta T_S^- \rangle$
I	0	32.5	20	9.5	0	-2.0	2.0
II	11	29.0	19	9.0	-0.5	-3.0	2.5
III	22	26.0	13	7.0	-2.0	-4.0	2.0
IV	33	24.0	10	8.0	-2.0	-3.5	1.5
V	43	22.5	9	7.5	-1.5	-3.5	2.0
VI	53	21.5	11	6.5	-1.0	-3.4	2.4
VII	63	22.0	11	4.0	-0.9	-2.5	1.6
VIII	72	23.5	12	4.5	-0.8	-2.8	2.0
IX	82	25.0	14	5.0	-0.2	-2.6	2.4
X	91	29.0	17	8.0	-0.4	-2.0	1.6
XI	100	32.4	19	10.4	-0.8	-2.1	1.3

* Q — содержание КН-10 в СН-10, % мол.

не доходят до линии солидуса, а замыкаются в сплошную кривую с минимумом при температурах $\sim 15\text{--}16^\circ\text{C}$ и содержанием компонентов приблизительно 50 на 50 %. Если проэкстраполировать начальные точки (до 20 % как слева, так и справа) до линии солидуса, получим гипотетические линии ликвидуса ABE и A'B'E, сходящиеся в точке E с составом примерно 47 % $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — 53 % $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ при температуре -2.9°C . Однако при дальнейшем увеличении

концентрации второго компонента свыше 20 % мол. линия ликвидуса начинает отклоняться и проходит по точкам ABCB'A' с минимумом в точке C, с тем же составом, что и в точке E.

Линия ликвидуса в системе двух кристаллогидратов описывается эмпирическим уравнением с минимумом при $x \approx 47\%$:

$$T_i = T_L + Ax + Bx^2, \quad (1)$$

где x — содержание $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в системе КН-10—СН-10, $A = -0.45$, $B = 0.48 \cdot 10^{-2}$.

Диаграмма на рис. 1 не характерна и для непрерывного ряда твердых растворов. Подобная диаграмма ранее была получена нами для системы кристаллогидратов $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ [12]. К сожалению, в литературе отсутствуют сведения о диаграммах состояния бинарных кристаллогидратов. Наши исследования в этом направлении показали, что, например, в системах $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ образуются смеси классического эвтектического типа, объяснялось это либо различием строения кристаллических решеток, либо слишком большой разницей в параметрах решеток одинакового типа. В нашем случае для системы декагидрат сульфата натрия—декагидрат карбоната натрия при одинаковых сингониях (моноклинных) остальные кристаллографические па-

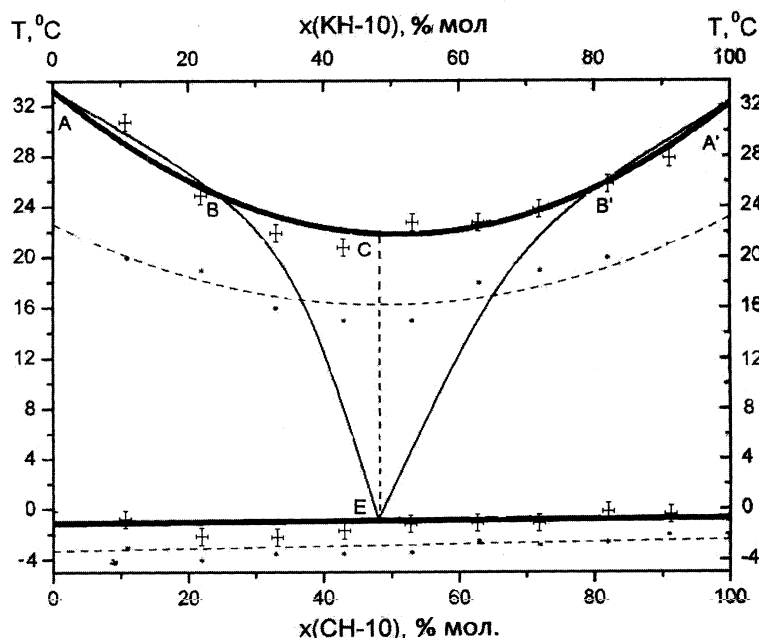


Рис. 1. Диаграмма состояния системы $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Т а б л и ц а 2

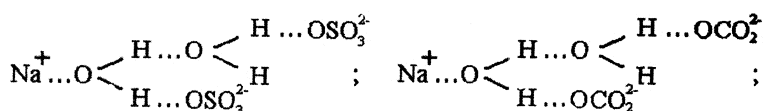
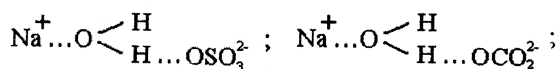
Кристаллохимические параметры кристаллогидратов КН-10—СН-10

Кристаллогидрат	Молярная масса, г/моль	Параметры решетки	Отношение осей a, b, c к b	Тип решетки	Объем ячейки, Å^3	Плотность $\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
КН-10 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	286.14	$a = 12.830, b = 9.026, c = 13.440,$ $1.42:1:1.48$ $Z = 4, \beta = 123.00^\circ$	Моноклинная	1305.31	1.44	
СН-10 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	322.20	$a = 12.820, b = 10.350, c = 11.480,$ $1.24:1:1.11$ $Z = 4; \beta = 107.66^\circ$	Моноклинная	1451.46	1.49	
Разница параметров		0.010, 1.324, 1.960 0, 15.34°			146.15	0.05
Отличие параметров, %		0.78, 12.79, 14.58 0, 12.20°			10.7	3.35

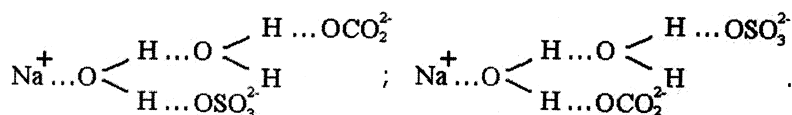
параметры отличаются незначительно (табл. 2).

Вид линии ликвидуса на рис. 1, возможно, связан с особенностями строения жидкого раствора, характеризующегося двумя типами водородных связей между молекулами воды, между водородом воды и кислородом, ионами SO_4^{2-} , CO_3^{2-} . По-видимому, близость параметров решеток СН-10 и КН-10 способствует непрерывному характеру растворимости этих кристаллогидратов в общей кристаллизационной воде при малых концентрациях одной из компонент.

В жидком состоянии молекулы $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ диссоциируют на ионы Na^+ , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , H_2O с близкими по характеру водородными связями с непрерывным чередованием анионов SO_4^{2-} и CO_3^{2-} [13]:



– однотипными



– разнотипными

Подобный порядок Н-связей с анионами может быть обусловлен тем, что энергия прочных водородных связей воды с анионами SO_4^{2-} (7.2—7.4 эВ) несколько меньше энергии подобной связи с анионами CO_3^{2-} (7.4—8.2 эВ) и с близостью менее прочных Н-связей: 4.5—4.7 эВ для Na^+ и 4.5—4.9 эВ для CO_3^{2-} .

При кристаллизации подобных растворов последовательность формирования кристаллогидратов, вероятно, будет происходить в порядке: $\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} + n\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + n\text{H}_2\text{O}$, так как энергии водородных связей в системе СН-10 больше, чем в системе КН-10 ($E_{\text{H}^+} > E_{\text{H}^-}$). При этом до концентраций ~50% будут преобладать кристаллы СН-10, а выше 50% состава растворов — кристаллы КН-10. Наличие смешанных кристаллов, схожих по кристаллохимическим параметрам, скорее всего, приводит к тому, что линия ликвидуса имеет вид, представленный на рис. 1.

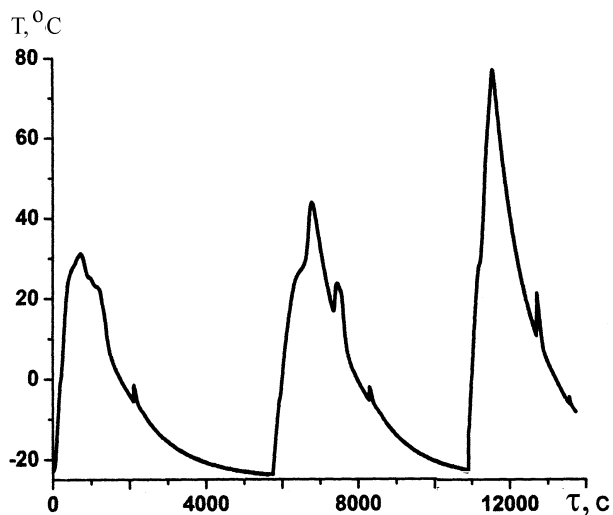


Рис. 2. Термограммы образца IV.

Линия солидуса характеризует, прежде всего, кристаллизацию остатков воды и не-закристаллизованных мелких кристаллогидратов обоого типа.

На втором этапе экспериментальных исследований изучали переохлаждения растворов двух кристаллогидратов относительно линий ликвидуса ΔT_L^- и солидуса ΔT_S^- . Данные по этим величинам приведены в табл. 1. В соответствии с этими результатами на диаграмме состояния СН-10—КН-10 показаны метастабильные зоны ниже линии ликвидуса и солидуса (рис. 1, пунктирные линии) в условиях наших экспериментов.

На рис. 2 в качестве примера приведены термограммы нагревания и охлаждения образца IV (30% КН-10—70% СН-10), характеризующие влияние перегрева образца на ход кристаллизации при охлаждении.

Во-первых, четко обозначены температуры ликвидуса ($\sim 24^\circ\text{C}$) и солидуса ($\sim -1^\circ\text{C}$) на всех трех термограммах. Во-вторых, наблюдается рост переохлаждения ΔT_L^- по мере увеличения перегрева ΔT_L^+ относительно температуры ликвидуса. При этом переохлаждения ΔT_S^- относительно T_S остаются неизменными. Кроме того, обнаружено, что при слабом нагреве до $\Delta T^+ \approx 5^\circ$ (термограмма 1) и охлаждении кристаллизация происходит квазиравновесно без переохлаждения, а

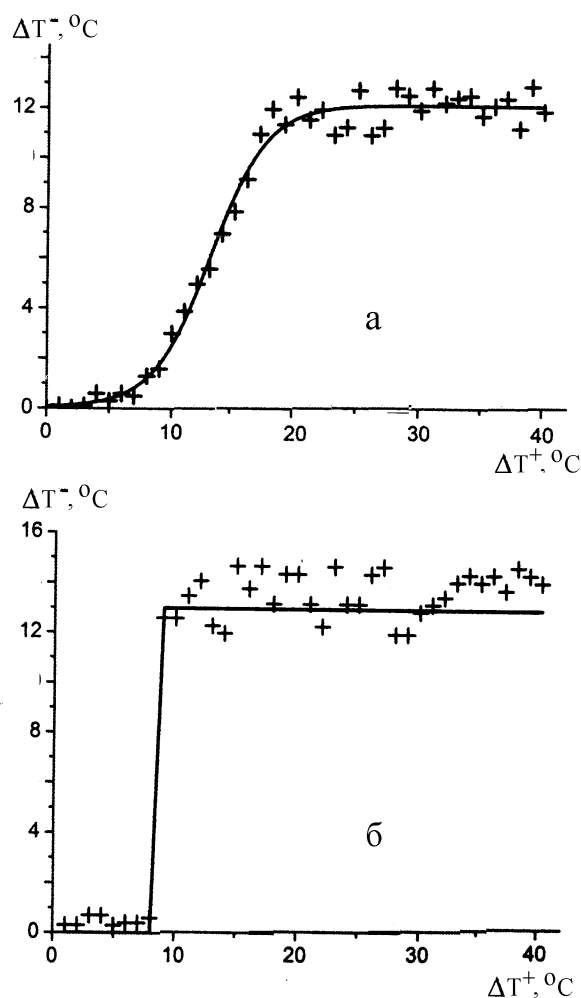


Рис. 3. Зависимость предкристаллизационных переохлаждений от предварительного перегрева для составов IV (а) и XI (б).

при увеличении перегрева ΔT_L^- характер кристаллизации меняется на неравновесно-взрывной с соответствующими переохлаждениями (термограммы 2 и 3).

На рис. 3, а для образца IV представлен обобщающий график зависимости ΔT_L^- от ΔT_L^+ . Подобная зависимость характерна для остальных смесей в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Согласно полученным термограммам, зависимости ΔT_L^- от ΔT_L^+ аппроксимируются функцией Больцмана, имеющей вид:

$$\Delta T^- = A_2 + \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(\Delta T^+ - x_0)/d}},$$

где $A_1 = 0, A_2 = 16, x_0 = 14.1, d = 2.71$.

Следует отметить, что перегревы того же образца выше T_L начиная с 16° и далее не влияют на среднюю величину предкристаллизационного переохлаждения.

Для сравнения на рис. 3, б приведена зависимость ΔT^- от ΔT^+ для чистого кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ [11]. Видно, что для него зависимость является скачкообразной, описываемой функцией Хэвисайда:

$$\Delta T^- = 13^\circ \cdot \Theta(\Delta T^+ - 9^\circ),$$

где $\Theta = \{(0, \Delta T^+ < 9^\circ), (1, \Delta T^+ \geq 9^\circ)\}$.

Выбрав одинаковые температуры прогревов ($\sim 60^\circ\text{C}$) жидкой фазы для всех образцов в системе $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, после которых наблюдаются достаточно хорошие переохлаждения, по минимальным температурам T_{min} на начало кристаллизации были получены соответствующие переохлаждения ΔT_L^- , которые были занесены в табл. 1. Там же приведены температуры T_{min}, T_S и переохлаждения ΔT_S^- относительно T_S . Эти данные были использованы для определения метастабильных областей ниже T_L и T_S на диаграмме состояния СН-10—КН-10 (рис. 1, пунктирные линии). Из этого рисунка можно заключить, что переохлаждение ΔT_L^- незначительно уменьшается по мере увеличения концентрации второго компонента, а переохлаждения ΔT_S^- практически остаются постоянными.

ВЫВОДЫ. Таким образом, в данной работе методом термического циклического анализа (ЦТА) построена диаграмма состояния между двумя кристаллогидратами $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Установлен вид диаграммы состояния. На ней показаны предкристаллизационные переохлаждения, которые незначительно изменяются относительно линии ликвидуса и остаются приблизительно постоянными относительно линии солидуса.

РЕЗЮМЕ. Методами термічного аналізу побудовано діаграму стану системи $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ з метастабільними областями.

SUMMARY. By the methods of thermal analysis the equilibrium diagram of the system of crystal hydrates $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ including meta-

stable regions is build.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. США. -Заявл. 01.11.82, № 438224.
2. Пат. Япония. -Заявл. 21.12.81, № 56-207661.
3. Заявка 646083, Япония, МКИ. С09К 5/06. -Опубл. 10.01.89.
4. Заявка № 59-213789, Япония. -Заявл. 19.05.83.
5. Пат. 4603003, США. -Опубл. 29.07.86.
6. Kimura Hiroshi // Ind. and Eng. Chem. Fundam. -1980. -19, № 3. -Р. 251—253.
7. Пат. США 4508632. -Заявл. 15.06.83, № 504601.
8. Александров В.Д., Соболев О.В., Савенков М.В. //

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Макеевка

- Фізика і хімія тв. тіла. -2007. -№ 4. -С. 1—5.
9. Александров В.Д., Соболев О.В., Постников В.А. // Там же. -2008. -№ 6. -С. 1—5.
 10. Киргинцев А.Н., Трушников Л.Н., Лаврентьева В.Г. // Растворимость неорганических веществ в воде. Справочник. -Л.: Химия, 1972.
 11. Александров В.Д., Соболев О.Ю., Фролова С.А. та ін. // Вісн. Донбас. націон. академії буд-ва і архітектури. -2009. -Вип. 1 (75). -С. 100—103
 12. Александров В.Д., Соболев О.В. //VI конф. по росту кристаллов. -М., 2010. -С. 132.
 13. Коулсон Ч. // Валентность. -М.: Мир, 1965.

Поступила 25.05.2011

УДК 536.7

В.Г.Кудин, Н.Г.Кобылинская, М.А.Шевченко, В.С.Судацова

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ Y—B (Al, Ga, In)

Методом калориметрии при 1775 ± 5 К определены энтальпии смешения жидких сплавов двойных систем Y—Al(Ga), прогнозированы аналогичные данные для Y—B(In, Tl) из энтальпий образования промежуточных фаз и диаграмм состояния этих систем. Термодинамические свойства жидких сплавов двойных систем Y—Al(Ga) рассчитаны в полном концентрационном интервале с использованием модели идеального ассоциированного раствора (ИАР). Показано, что термодинамические активности компонентов расплавов двойных систем Y—Al(Ga) проявляют отрицательные отклонения от идеального поведения, а энтальпии смешения указывают на значительные экзотермические эффекты. Минимумы энтальпии смешения двойных систем Y—Al(Ga) составляют -40.8 ± 2.2 и -70.0 ± 3.2 кДж/моль.

ВВЕДЕНИЕ. Поскольку иттрий имеет сильное сродство к кислороду, сере, углероду и другим элементам, его можно применять как раскислитель, десульфуратор и т.п. Но из-за высокой агрессивности и химической активности его чаще всего используют в виде лигатур. Состав лигатур научно обоснованно находят с помощью диаграмм состояния иттрийсодержащих систем и их физико-химических свойств, среди которых важнейшими являются термодинамические.

Цель данной работы — определение термодинамических свойств жидких сплавов двойных систем Y—Al(Ga) и прогнозирование аналогичных данных для Y—B(In, Tl) по энтальпиям образования промежуточных фаз и диаграммам состояния систем, а также расчет термодинамических свойств по модели идеальных ассоциированных растворов (ИАР).

ЭКСПЕРИМЕНТ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. Исследования проводили методом высокотемпературной изопериболической калориметрии при температуре 1775 ± 5 К в концентрационном интервале $0 < x_Y < 0.6$. Используемые материалы: алюминий марки АВ00, дистиллят иттрия ИтМД-2 (99.999 %) и галлий марки Гл 000 (99.99 %); эталонное вещество — вольфрам класса А2 (99.96 %). Исследование выполняли в атмосфере аргона высокой чистоты. Методика проведения экспериментов и обработки результатов подробно описаны в работах [1, 2]. Погрешность в определении парциальных энтальпий смешения компонентов ($\Delta \bar{H}_i$) составляла ± 10 %, интегральных (ΔH) — ± 1 %.

Вначале подробно опишем данные, полученные при исследовании жидких сплавов двойной системы Y—Al. Наиболее современная оптими-

© В.Г.Кудин, Н.Г.Кобылинская, М.А.Шевченко, В.С.Судацова, 2012