

УДК 547.521.68

**В. А. ПОСТНИКОВ<sup>а</sup>, Т. В. МОЗГУНОВА<sup>а</sup>, Р. М. ШЛЯПОВ<sup>б</sup>, А. С. УАЛИ<sup>б</sup>**<sup>а</sup> Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, <sup>б</sup> Карагандинский государственный университет им. академика Е. А. Букетова**ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ГРАНИЦА МЕТАСТАБИЛЬНОСТИ  
ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫХ РАСТВОРОВ В БИНАРНЫХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ  
СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ НАФТАЛИНА**

Методами термического анализа (ЦТА, ДТА) исследованы фазовые равновесия и переохлаждения расплавов в бинарных эвтектических системах бензол ( $C_6H_6$ ) – нафталин ( $C_{10}H_8$ ), дифенил ( $C_{12}H_{10}$ ) – нафталин, дибензил ( $C_{14}H_{14}$ ) – нафталин и бензойная кислота ( $C_6H_5COOH$ ) – нафталин. Определены температуры ликвидуса  $T_L$ , солидуса  $T_S$ , а также средние минимальные температуры  $T_{min}$  переохлажденных расплавов. Методами термодинамического моделирования в данных системах проведен анализ фазовых равновесий. Установлено, что в системах с ван-дер-ваальсовым типом межмолекулярных взаимодействий ( $C_6H_6-C_{10}H_8$ ,  $C_{12}H_{10}-C_{10}H_8$ ,  $C_{14}H_{14}-C_{10}H_8$ ) линии ликвидуса и эвтектическая точка удовлетворительно описываются в приближении идеальных растворов. В системе  $C_6H_5COOH-C_{10}H_8$  приближение идеальных растворов дает неудовлетворительные результаты при расчете фазовых равновесий. Адекватное экспериментальным данным описание фазовых равновесий в системе бензойная кислота – нафталин получено при моделировании парциальных избыточных функций Гиббса на основе несимметричного уравнения Маргулеса.

**термический анализ, переохлаждение, бинарные эвтектические системы, бензол, нафталин, дифенил, дибензил, бензойная кислота, фазовые равновесия, ликвидус, солидус, энергия Гиббса, уравнение Маргулеса**

**ВВЕДЕНИЕ**

Жидко-твердые фазовые равновесия в органических эвтектических системах представляют большой интерес как для прикладных направлений материаловедения и химической технологии, так и для фундаментальных исследований поведения веществ в конденсированном состоянии. В работах данного направления авторами практически не рассматриваются вопросы метастабильного состояния жидкой фазы ниже температуры ликвидуса  $T_L$ , за исключением небольшого числа работ [1–2], в которых, в частности, исследуется также и кинетика кристаллизации в зависимости от величины предкристаллизационного переохлаждения  $\Delta T_L^-$  ( $\Delta T_L^- = T_L - T_m$ ,  $T_m$  – минимальная температура переохлажденного расплава). От величины  $\Delta T_L^-$  зависят движущая сила кристаллизации – разность свободных энергий Гиббса твердой и жидкой фаз, работа образования и размеры критических зародышей, скорость образования и роста кристаллов и, в конечном счете, структура и свойства материала. При исследовании кристаллизации растворов бинарных как органических, так и неорганических эвтектических систем ранее нами установлены определенные закономерности, связанные с влиянием концентрации компонент  $x$  на предкристаллизационные переохлаждения  $\Delta T_L^-$  [3–6].

Данная работа посвящена анализу фазовых равновесий и предкристаллизационных переохлаждений расплавов в группе эвтектических систем на основе нафталина: бензол – нафталин, дифенил – нафталин, дибензил – нафталин и бензойная кислота – нафталин.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. МЕТОДИКА**

В настоящей работе, как и в представленных ранее исследованиях в системах бензол – нафталин и дифенил – нафталин [5–6], экспериментальное изучение фазовых равновесий и предкристаллизационных переохлаждений проведено методами дифференциально-термического (ДТА) и

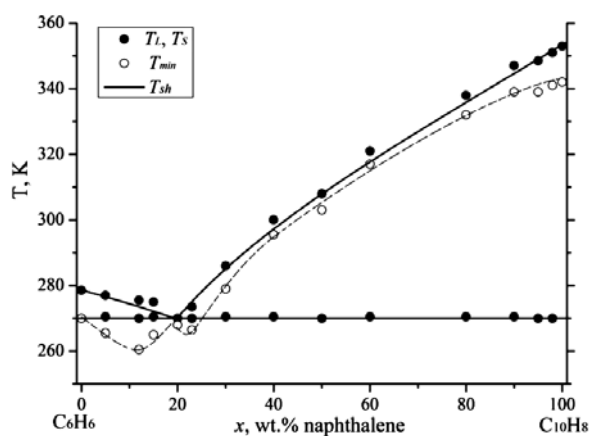
циклического термического (ЦТА) анализом [3–6]. Использовались бензол  $C_6H_6$ , нафталин  $C_{10}H_8$ , дифенил  $C_{12}H_{10}$ , дибензил  $C_{14}H_{14}$  и бензойная кислота  $C_6H_5COOH$  марки ЧДА. Литературные данные [7–8] по температурам и энтальпиям плавления чистых веществ приведены в таблице 1. Образцы подготавливались массой по 200 мг. Взвешивание проводилось на аналитических весах Techniprot WT-T5. Гомогенизация сплавов проводилась путем многократной перекристаллизации в режиме быстрого охлаждения. Образцы герметизировались в стеклянных пробирках диаметром 8 мм и высотой 90 мм с помощью резиновых пробок, сквозь которые протягивались ХА-термопары диаметром 0,5 мм. Термоциклирование образцов велось в диапазоне температур с фиксированной нижней границей, а верхняя граница постепенно изменялась от цикла к циклу, либо также оставалась фиксированной, но не превышала 30 К выше температуры плавления  $T_L$  наиболее тугоплавкого соединения в системе. При таком подходе верхняя грань термоцикла всегда оставалась значительно ниже температуры кипения  $T_b$  компонент и сплавов на их основе (таблица 1). Нагрев и охлаждение образцов проводился со скоростями  $3 \div 4$  К/мин. Запись температуры осуществлялась с помощью цифрового двухканального термоизмерителя UNI-t UT 325 через интерфейс RS-232 на ПК. Максимальная приборная погрешность измерения в исследуемом интервале температур  $\Delta = \pm 0,6$  К. Калибровка измерений температуры проводилась путем сравнения показаний прибора в адиабатических условиях с показаниями ртутного термометра с ценой деления 0,1 К. Достоверность полученных данных подтверждалась на основании их воспроизводимости в результате многократного термоциклирования (не менее 10 последовательных термоциклов нагрева-охлаждения на каждом образце) при использовании трёх образцов в каждом составе.

**Таблица 1** – Физико-химические параметры исследуемых веществ: молярная масса  $M$  (г/моль), температура  $T_L$  и энтальпия  $\Delta H_V$  (кДж/моль) плавления чистых веществ [7–8], температура кипения  $T_b$ , энтальпия испарения  $\Delta H_V$  (кДж/моль); средние переохлаждения  $\Delta T^-$  чистых веществ относительно температуры плавления

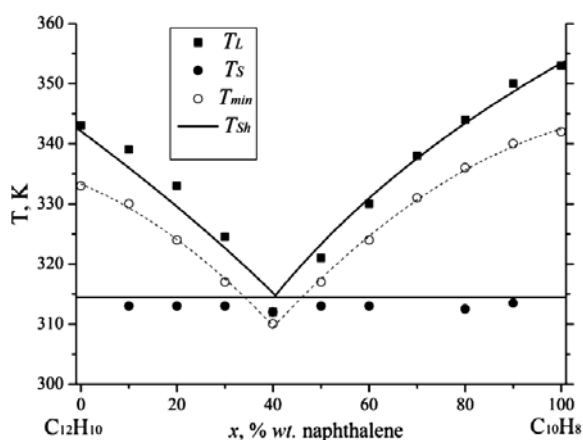
Вещество	Хим. формула	$M$	$T_L$ , К	$\Delta H_L$	$T_b$ , К	$\Delta H_V$	$\Delta T^-$ , К
бензол	$C_6H_6$	78,1	278,6	9,95	353,2	30,8	8
нафталин	$C_{10}H_8$	128,2	353,4	18,8	491	43,5	12
дифенил	$C_{12}H_{10}$	154,2	344	19,61	529	48,5	12
дибензил	$C_{14}H_{14}$	182,3	325,6	22,73	558	67,5	22
бенз. к-та	$C_6H_5COOH$	122,0	395,5	17,32	522	64,3	27

## ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методом ДТА по пикам эндотермических эффектов плавления в исследуемых бинарных системах определены температуры ликвидуса  $T_L$  и солидуса  $T_S$ , экспериментальные значения которых в виде точек нанесены на соответствующие диаграммы состояния, приведенные на рисунках 1–4.



**Рисунок 1** – Диаграмма состояний в системе бензол – нафталин.



**Рисунок 2** – Диаграмма состояний в системе дифенил – нафталин.

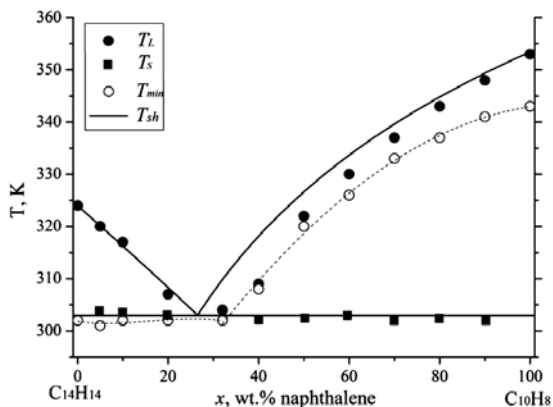


Рисунок 3 – Диаграмма состояний в системе дибензил – нафталин.

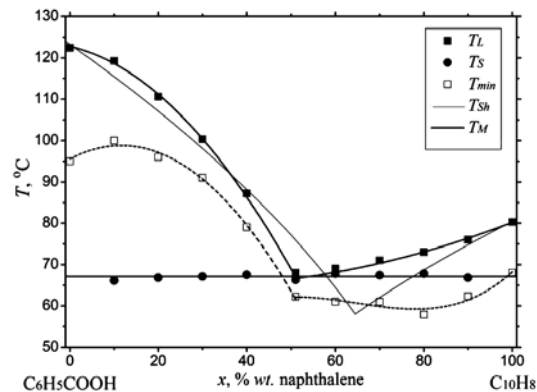


Рисунок 4 – Диаграмма состояний в системе бензойная кислота – нафталин.

Опытные и литературные данные по эвтектическим точкам исследуемых систем приведены в таблице 2. Как видно из таблицы 2, установленные экспериментальные значения достаточно хорошо согласуются с литературными данными.

Таблица 2 – Температура  $T_e$  (К) и концентрация  $x_e$  (вес. %) эвтектики в исследуемых системах на основе нафталина

Назв. компоненты	Опыт		Расчет				Лит. данные	
			ур-е Шредера		несимметр. ур-е Маргулеса			
	$x_e$	$T_e$	$x_e$	$T_e$			$x_e$	$T_e$
бензол	20	270,0	19,7	269,8	–	–	20	269,5 [9]
дифенил	40	313,0	40,5	314,8	–	–	39	312 [10]
дибензил	32	304,0	26,5	303,0	–	–	31	305,5 [11]
бензойная к-та	52	340,0	64,5	331,0	51	341,5	50	341,5 [12]

На следующем этапе исследований проводилось изучение особенностей кристаллизации бинарных расплавов. Данные по величинам  $\Delta T^-$  для чистых веществ приведены в таблице 1. Рассмотрим в качестве примера приведенную на рис. 5 экспериментальную температурную кривую  $T(\tau)$ , характеризующую плавление и кристаллизацию образца состава бензойная кислота +20 вес. % нафталина (ниже приведена соответствующая дифференциально-термическая кривая).

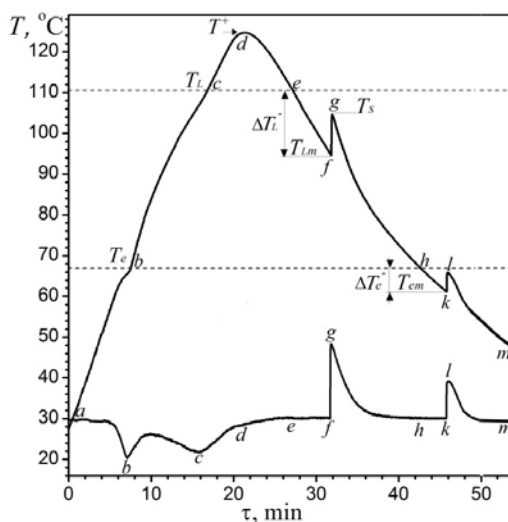


Рисунок 5 – Экспериментальные температурная и дифференциально-термическая кривые, характеризующие плавление и кристаллизацию образца состава бензойная кислота +20 вес. % нафталина.

Горизонтальными пунктирными линиями обозначены температуры ликвидуса  $T_L$  и солидуса  $T_e$ . В режиме нагревания на кривой  $T(\tau)$  можно выделить следующие участки: нагрев твердой фазы ( $a-b$ ), плавление эвтектики (окрестность точки  $b$ ), плавление бензойной кислоты ( $b-c$ ), переход в состояние расплава (окрестность точки  $c$ ) и дальнейший его перегрев до температуры  $T^+$  ( $c-d$ ). На следующем этапе ( $d-m$ ) происходит охлаждение образца. Участок  $def$  характеризует охлаждение жидкой фазы, причем на линии  $ef$  расплав находится в переохлажденном метастабильном состоянии (переохлаждение относительно  $T_L$ ). При температуре  $T_{Lm}$  (точка  $f$ ) происходит резкий ( $\sim 20$  К/с) прогрев образца до температуры  $T_s$  (точка  $g$ ), что свидетельствует о начале кристаллизации из раствора бензойной кислоты. Судя по резкому повышению температуры, можно сказать, что процесс кристаллизации на данном этапе имеет неравновесно-взрывной характер. Далее на линии  $ghk$  вещество охлаждается, при этом на участке  $hk$  оно переохлаждено в данном случае по отношению к температуре солидуса  $T_e$ . При температуре  $T_{em}$  (точка  $k$ ) вновь наблюдается скачкообразный прогрев образца от точки  $k$  до точки  $l$ . Этот скачок температуры может быть объяснен завершением кристаллизации за счет затвердевания оставшегося раствора. Затем система охлаждается в твердом состоянии до точки  $m$ . Т. о., при охлаждении бинарного расплава наблюдаются переохлаждения жидкой фазы  $\Delta T_L^-$  ( $\Delta T_L^- = T_L - T_{Lm}$ ) и  $\Delta T_e^-$  ( $\Delta T_e^- = T_e - T_{em}$ ) как относительно температуры ликвидуса  $T_L$ , так и относительно эвтектической температуры  $T_e$  соответственно. В данном примере  $\Delta T_L^- \sim 13$  К и  $\Delta T_e^- \sim 6$  К. Точки  $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m$  на ДТА-кривой соответствует таким же точкам на вышеописанной температурной кривой  $T(\tau)$ . Картина, представленная на рис. 5, характеризующая особенности плавления и кристаллизации бинарных смесей, является типичной для всех представленных в данной работе систем. Наблюдаемые переохлаждения  $\Delta T_L^-$  и  $\Delta T_e^-$  для конкретных образцов сплавов при фиксированных значениях верхнего и нижнего температурных пределов, а также скоростей нагрева и охлаждения, как правило, не изменяется в процессе многократного термоциклирования, колеблясь от цикла к циклу в пределах  $\pm 2,5$  и  $\pm 1,0$  К соответственно относительно своих средних значений, что свидетельствует об устойчивом характере наблюдаемых экзотермических эффектов. Средние переохлаждения  $\Delta T^-$  для расплавов чистых веществ, установленные нами ранее [5, 6, 12], приведены в таблице 1. Как видно из данной таблицы, в ряду ароматических углеводородов (от бензола до дибензила) величина  $\Delta T^-$  увеличивается по мере увеличения молярной массы  $M$ , и вместе с этим увеличиваются энтальпии плавления  $\Delta H_L$  и испарения  $\Delta H_v$ , а также температура кипения  $T_b$  данных веществ.

Значения средних минимальных температур  $T_{Lm}$  переохлажденных расплавов на диаграммах состояния исследуемых систем обозначены полыми точками, а пунктирная кривая, соединяющая данные точки, характеризует границу метастабильности жидкой фазы в условиях проведения экспериментов. Как видно из рисунков 1–4, для всех систем наименьшее значение величины переохлаждения  $\Delta T_L^-$  жидкой фазы приходится на эвтектический состав. Для системы дифенил – нафталин (рис. 2) наблюдается монотонное снижение переохлаждений при переходе от чистых компонент к эвтектике. Для остальных систем наблюдается общая закономерность: со стороны компонента с меньшей температурой плавления переохлаждения  $\Delta T_L^-$  расплавов относительно ликвидуса понижаются до некоторого максимального значения.

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

Основой теоретических исследований фазовых равновесий твердое тело-жидкость является анализ изменения свободной энергии Гиббса  $\Delta G$ . Для 2-х компонентных систем

$$\Delta G = x_1 \Delta \mu_1 + x_2 \Delta \mu_2, \quad (1)$$

где  $\Delta \mu_1$  и  $\Delta \mu_2$  – парциальные изменения химических потенциалов компонент 1 и 2. Для эвтектических механических смесей

$$\Delta \mu_i = \Delta H_{Li} (1 - T / T_{Li}) + RT \ln(x_i y_i) = \Delta H_{Li} (1 - T / T_{Li}) + RT \ln(x_i) + G_{ex,i}, \quad (2)$$

где  $\Delta H_{Li}$  и  $T_{Li}$  – энтальпия и температура плавления компонента  $i$ ,

$y_i$  – коэффициент активности компонента  $i$ ,

$R$  – универсальная газовая постоянная,

$G_{ex,i} = RT \ln(y_i)$  – парциальная избыточная энергия Гиббса. Из (2) при условии  $\Delta \mu_1 = 0$  получаем уравнение линии ликвидуса

$$T_L(x) = \begin{cases} \frac{\Delta H_{L1} + G_{ex,1}(x)}{\Delta H_{L1}/T_{L1} - RT \ln(x)}, & x < x_e \\ \frac{\Delta H_{L2} + G_{ex,2}(x)}{\Delta H_{L2}/T_{L2} - RT \ln(1-x)}, & x \geq x_e \end{cases} \quad x_1 = 1 - x_2, x_2 = x. \quad (3)$$

В приближении идеальных растворов ( $G_{ex,i} = 0$ ) получаем уравнение Шредера – ван Лаара [13]. На диаграммах состояния систем бензол – нафталин (рис. 1), дифенил – нафталин (рис. 2), дибензил – нафталин (рис. 3) и бензойная кислота – нафталин (рис. 4) рассчитанная в приближении идеальных растворов линия ликвидуса приведена в виде тонкой сплошной кривой ( $T_{sk}$ ). Расчетные данные эвтектической точки по уравнению Шредера – ван Лаара приведены в таблице 2. Как видно из рис. 1 и 2, для систем бензол – нафталин и дифенил – нафталин описание линии ликвидуса в приближении идеальных растворов достаточно хорошо согласуется с опытными данными. Для системы дибензил – нафталин (рис. 3) кривая ликвидуса в модели идеальных растворов хорошо согласуется с опытными данными в доэвтектической области и несколько хуже в заэвтектической области, а расчетная концентрация  $x_e$  эвтектики не сходится с опытными и литературными данными более, чем на 5 вес. %. В случае с системой бензойная кислота – нафталин линия ликвидуса, рассчитанная по уравнению Шредера – ван Лаара, значительно отклоняется от экспериментальных точек, как видно из рис. 4 и из данных таблицы 2. В данном случае для нахождения избыточных термодинамических потенциалов  $G_{ex,i}$  компонент в растворе предлагаются следующие степенные функции состава:

$$G_{ex,1} = (A_1 + B_1 x_1) x_2^2, \quad (4)$$

$$G_{ex,2} = (A_2 + B_2 x_2) x_1^2. \quad (5)$$

Система уравнений (4)–(5) является несимметричным уравнением Маргулеса [13]. Методом наименьших квадратов найдены параметры системы (4)–(5):  $A_1 = -8,25$ ,  $B_1 = 5,24$ ,  $A_2 = 13,85$ ,  $B_2 = 0,00$  (в единицах кДж/моль). Как видно из рис. 4, кривая ликвидуса, рассчитанная на основе избыточных функций (4)–(5), хорошо описывает экспериментальные точки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных термоаналитических исследований и термодинамического моделирования можно заключить, что в системах ароматических углеводородов с исключительно вандерваальсовским типом межмолекулярного взаимодействия (бензол-нафталин, дифенил-нафталин и дибензил-нафталин) фазовые равновесия удовлетворительно описываются в приближении идеальных растворов (уравнение Шредера – ван Лаара). В системе бензойная кислота – нафталин приближение идеальных растворов не эффективно, что, по-видимому, обусловлено наличием между молекулами  $C_6H_5COOH$ , кроме того, более сильной анизотропной водородной связи. В поведении переохлажденных бинарных расплавов общей для всех исследуемых в данной работе систем является закономерность снижения величин  $\Delta T_L^-$  по мере приближения состава к эвтектическому. В системах бензол – нафталин, дибензил – нафталин и бензойная кислота – нафталин также наблюдается уширение области переохлаждений со стороны компонента с наименьшей температурой плавления. Из анализа данных, представленных на рис. 1, 3–4 и таблиц 1–2, можно предположить о наличии в данном случае определённого правила: в системе, где компонент с наименьшей температурой плавления имеет склонность переохлаждаться ниже соответствующей температуры солидуса, со стороны данного компонента может происходить уширение области переохлажденных состояний расплавов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rai, R. N. Thermal, solid-liquid equilibrium, crystallization, and microstructural studies of organic monotectic alloy: 4,4-Dibromobiphenyl-succinonitrile [Текст] / R. N. Rai, R. S. B. Reddi // *Thermochimica Acta.* – 2009. – 496. – P. 13–17.
2. Sharma, K. P. Solid – liquid equilibria, physicochemical and microstructural studies of binary organic eutectic alloy: urea + 2-aminobenzothiazole system [Текст] / K. P. Sharma, P. R. Shakyia and R. Rai // *Scientific World.* – 2012. – Vol. 10, № 10. – P. 91–94.
3. Построение диаграммы состояния Ib–Sb по предкристаллизационным переохлаждениям [Текст] / В. Д. Александров, М. Р. Раухман, В. И. Борович [и др.] // *Металлы.* – 1992. – № 6. – С. 184–195.

4. Александров, В. Д. Влияние термовременной обработки жидкой фазы на кристаллизацию сплавов в системе Sn–Bi [Текст] / В. Д. Александров, С. А. Фролова // Расплавы. – 2003. – Т. 3. – С. 14–21.
5. Александров, В. Д. Исследование переохлаждений в системе бензол-нафталин [Текст] / В. Д. Александров, В. А. Постников, Н. В. Щебетовская // Журнал физ. Химии. – 2010. – Т. 84, № 6. – С. 1–7.
6. Александров, В. Д. Эндо- и экзотермические эффекты плавления и кристаллизации смесей в системе дифенил – нафталин [Текст] / В. Д. Александров, Н. В. Щебетовская // Украинский хим. Журнал. – 2012. – Т. 78, № 3. – С. 32–36.
7. Рабинович, В. Я. Краткий химический справочник [Текст] / В. Я. Рабинович, З. Я. Хавин. – Л. : Химия, 1991. – 432 с.
8. Химическая энциклопедия [Текст] : в 5-х томах : Т. 1. / [редкол.: И. Л. Кнунянц (глав. ред.) и др.]. – М. : Советская энциклопедия, 1988. – 623 с.
9. Малин, Дж. В. Кристаллизация [Текст] / Дж. В. Малин. – М. : Металлургия, 1965. – 343 с.
10. Мартинсон, И. Г. Направленная кристаллизация эвтектики дифенил-нафталин в управляемом температурном поле [Текст] / И. Г. Мартинсон // Журнал физ. Химии. – 1998. – Т. 72, № 9. – С. 1698–1703.
11. Уэндландт, У. Термические методы анализа [Текст] / У. Уэндландт. – М. : Мир, 1978. – 527 с.
12. Постников, В. А. Влияние числа перекристаллизаций и перегрева расплава на предкристаллизационные переохлаждения бензойной кислоты [Текст] / В. А. Постников, Т. В. Мозгунова // Вестник Донецкого Университета. Серия А. Естественные науки. – 2012. – № 2. – С. 106–109.
13. Уэйлес, С. М. Фазовые равновесия в химической технологии [Текст]. В 2-х ч. Ч. 1 : Пер. с англ. / С. М. Уэйлес. – М. : Мир, 1989. – 304 с. – ISBN 5-03-001106-4

Получено 07.05.2013

В. А. ПОСТНИКОВ<sup>а</sup>, Т. В. МОЗГУНОВА<sup>а</sup>, Р. М. ШЛЯПОВ<sup>б</sup>, А. С. УАЛИ<sup>б</sup>  
 ФАЗОВІ РІВНОВАГИ Й МЕЖА МЕТАСТАБІЛЬНОСТІ  
 ПЕРЕОХОЛОДЖЕНИХ РОЗЧИНІВ У БІНАРНИХ ЕВТЕКТИЧНИХ  
 СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ НАФТАЛІНУ

<sup>а</sup> Донбаська національна академія будівництва і архітектури, <sup>б</sup> Карагандинський державний університет ім. академіка Е. А. Букетова

Методами термічного аналізу (ЦТА, ДТА) досліджені фазові рівноваги й переохладження розплавів у бінарних евтектичних системах бензол (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) – нафталін (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>), дифеніл (C<sub>12</sub>H<sub>10</sub>) – нафталін, дибензил (C<sub>14</sub>H<sub>14</sub>) – нафталін і бензойна кислота (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH) – нафталін. Визначені температури ліквідусу  $T_L$ , солідуса  $T_S$ , а також середні мінімальні температури  $T_{min}$  переохладжених розплавів. Методами термодинамічного моделювання в даних системах проведений аналіз фазових рівноваг. Установлено, що в системах з ван-дер-ваальсовим типом міжмолекулярних взаємодій (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>–C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>12</sub>H<sub>10</sub>–C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>14</sub>H<sub>14</sub>–C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>) лінії ліквідусу й евтектична точка задовільно описуються в наближенні ідеальних розчинів. У системі C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH–C<sub>10</sub>H<sub>8</sub> наближення ідеальних розчинів дає незадовільні результати при розрахунках фазових рівноваг. Адекватно експериментальним даним опис фазових рівноваг у системі бензойна кислота – нафталін отримане при моделюванні парціальних надлишкових функцій Гіббса на основі несиметричного рівняння Маргулеса.

**термічний аналіз, переохладження, бінарні евтектичні системи, бензол, нафталін, дифеніл, дибензил, бензойна кислота, фазові рівноваги, ліквідус, солідус, енергія Гіббса, рівняння Маргулеса**

VALERIY POSTNIKOV<sup>а</sup>, TATIANA MOZGUNOVA<sup>а</sup>, RUSTAM SHLYAPOV<sup>б</sup>,  
 UALI AITOLKYN SAILAUBEKKEYZY<sup>б</sup>  
 PHASE EQUILIBRIUM AND THE BOUNDARY OF METASTABLE  
 SUPERCOOLED SOLUTIONS IN BINARY EUTECTIC SYSTEM BASED  
 NAPHTHALENE

<sup>а</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>б</sup> Karahandynskyy State University Academician E. A. Bukyetova

By thermal analysis (CTA and DTA) the phase equilibrium and super cooling binary eutectic melts in the benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) – naphthalene (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>), biphenyl (C<sub>12</sub>H<sub>10</sub>) – naphthalene, dibenzyl (C<sub>14</sub>H<sub>14</sub>) – naphthalene and benzoic acid (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH) – naphthalene have been researched. The temperatures of the liquidus  $T_L$ , solidus  $T_S$ , as well as the average minimum temperature  $T_{min}$  super cooled melts have been determined. In the given systems the analysis of phase equilibrium has been carried out by modeling methods of these systems. It has been found out that in systems with van-der-waals type of intermolecular interactions (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>–C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>12</sub>H<sub>10</sub>–C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>14</sub>H<sub>14</sub>–C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>) the liquidus and eutectic point satisfactorily described in

the approximation of ideal solutions. In the system  $C_6H_5COOH-C_{10}H_8$  approximation of ideal solutions gives unsatisfactory results in the calculation of phase equilibrium. An adequate description of the experimental data of the phase equilibrium in the benzoic acid – naphthalene obtained in the simulation of the partial excess Gibbs functions on the basis of asymmetric Margules equation.

**thermal analysis, super cooling, binary eutectic melts, liquidus, solidus, benzene, naphthalene, biphenyl, dibenzil, benzoic acid, phase equilibrium, Gibbs energy, Margules equation**

**Постніков Валерій Анатолійович** – кандидат хімічних наук, доцент, докторант кафедри фізики і фізичного матеріалознавства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: термодинаміка та кінетика фазових перетворень.

**Мозгунова Тетяна Василівна** – лаборант кафедри фізики і фізичного матеріалознавства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

**Шляпов Рустам Маратович** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної і аналітичної хімії Карагандинського державного університету ім. Є. А. Букетова. Наукові інтереси: фізико-хімічні дослідження процесів комплексоутворення важких, благородних металів і РЗЕ з різними низькомолекулярними і високомолекулярними органічними сполуками; розробка наукової бази для використання високоефективних вітчизняних флотореагентів з метою збагачення корисних копалин; синтез і дослідження плівок на основі водорозчинних полімерів, модифікованих наночастинками срібла, рідкоземельними елементами (самарій, європій).

**Уалі Айтолкін Сайлаубеккизи** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної і аналітичної хімії Карагандинського державного університету ім. Є. А. Букетова. Наукові інтереси: фізико-хімічні дослідження процесів комплексоутворення важких, благородних металів і РЗЕ з різними низькомолекулярними і високомолекулярними органічними сполуками; розробка наукової бази для використання високоефективних вітчизняних флотореагентів з метою збагачення корисних копалин; синтез і дослідження плівок на основі водорозчинних полімерів, модифікованих наночастинками срібла, рідкоземельними елементами (самарій, європій).

**Постников Валерий Анатольевич** – кандидат химических наук, доцент, докторант кафедры физики и физического материаловедения Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: термодинамика и кинетика фазовых превращений.

**Мозгунова Татьяна Васильевна** – лаборант кафедры кафедры физики и физического материаловедения Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

**Шляпов Рустам Маратович** – кандидат химических наук, доцент кафедры химической технологии и нефтехимии Карагандинского государственного университета им. Е. А. Букетова. Научные интересы: физико-химические исследования процессов комплексообразования тяжелых, благородных металлов и РЗЭ с различными низькомолекулярными и высокомолекулярными органическими соединениями; разработка научной базы для использования высокоэффективных отечественных флотореагентов в целях обогащения полезных ископаемых; синтез и исследование пленок на основе водорастворимых полимеров, модифицированных наночастицами серебра, редкоземельными элементами (самарий, европий).

**Уали Айтолкын Сайлаубеккызы** – кандидат химических наук, доцент кафедры химической технологии и нефтехимии Карагандинского государственного университета им. Е. А. Букетова. Научные интересы: физико-химические исследования процессов комплексообразования тяжелых, благородных металлов и РЗЭ с различными низькомолекулярными и высокомолекулярными органическими соединениями; разработка научной базы для использования высокоэффективных отечественных флотореагентов в целях обогащения полезных ископаемых; синтез и исследование пленок на основе водорастворимых полимеров, модифицированных наночастицами серебра, редкоземельными элементами (самарий, европий).

**Postnikov Valeriy** – PhD (Chem. Sci.), Associate Professor, Physics and Material Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: thermodynamics and kinetics of phase transformations.

**Mozgunova Tatiana** – laboratory assistant, Physics and Material Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

**Shlyapov Rustam** – PhD (Chem. Sci.), Associate Professor, Chemical Engineering and Petroleum Chemistry Department, Buketov Karagandy State University. Scientific interests: physical-chemical studies of the complexation processes of heavy, precious metals and rare-earth elements with a variety of low molecular- and high molecular organic compounds;

development of the scientific basis for the use of domestic high- flotation agents for mineral processing; synthesis and study of films based on water-soluble polymers modified with nanoparticles of noble metals (silver, gold, palladium), rare-earths (samarium, europium).

**Sailaubekkyzy Uali Aitolkyn** – PhD (Chem. Sci.), Associate Professor, Chemical Engineering and Petroleum Chemistry Department, Buketov Karagandy State University. Scientific interests: physical-chemical studies of the complexation processes of heavy, precious metals and rare-earth elements with a variety of low molecular- and high molecular organic compounds; development of the scientific basis for the use of domestic high- flotation agents for mineral processing; synthesis and study of films based on water-soluble polymers modified with nanoparticles of noble metals (silver, gold, palladium), rare-earths (samarium, europium).