

## ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСИЧЕНИХ РОЗЧИНІВ 2-ЦІАНО-3-[5-(2-НІТРОФЕНІЛ)-2-ФУРИЛ]-2-ПРОПЕНАМІДУ В ОРГАНІЧНИХ РОЗЧИННИКАХ

<sup>а</sup> Національний університет «Львівська політехніка»

<sup>б</sup> Львівський національний університет ім. І. Франка

Визначено розчинність 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в ацетонітрилі, ацетоні, ізопропанолі та етилацетаті в інтервалі температур 295,0–346,5 К. За температурною залежністю розчинності 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду розраховано ентальпію та ентропію розчинення в досліджених розчинниках. Виконано диференційно-термічний аналіз 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в інтервалі температур 303,3–515,5 К. За даними диференційно-термічного аналізу визначено ентальпії плавлення та випаровування 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду. Виведено рівняння для перерахунку величин ентальпії та ентропії плавлення з температури плавлення на будь-яку іншу температуру, проведено перерахунок ентальпії плавлення досліджуваної речовини на 298 К. За величиною ентальпії випаровування, перерахованої на 298 К, встановлено наявність міжмолекулярного водневого зв'язку, утвореного амідними групами. За одержаними значеннями ентальпії розчинення і ентальпії плавлення розраховано ентальпію змішування дослідженого аміду з обраними розчинниками. Величини ентальпій змішування в системах зі всіма дослідженими розчинниками, розраховані з врахуванням ентальпії плавлення 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду, мають позитивні значення.

**Ключові слова:** ентальпія та ентропія розчинення; ентальпія та ентропія змішування; ентропія плавлення; похідні фурану; 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенамід.

2-Ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенамід – гетероциклічна сполука, яка (як і інші нітропохідні фурану) виявляє біологічну активність [1]. Зазвичай, в органічній хімії процеси синтезу та перероблення проводять в середовищі розчинника. Брак даних про розчинність 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в органічних розчинниках ускладнює його використання. У доступній нам літературі відсутні величини термодинамічних властивостей насичених розчинів та дані щодо міжмолекулярних взаємодій, які виникають між молекулами розчинника та розчиненої речовини, знання яких дозволить оптимізувати процеси синтезу та використання цієї речовини.

Метою досліджень було встановлення характеру міжмолекулярних взаємодій 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду з органічними розчинниками різної полярності за експериментально визначеними термодинамічними характеристиками його розчинності.

### Експериментальна частина

В роботі досліджували розчинність 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в органічних розчинниках, а саме, ацетонітрилі, ацетоні, ізопропанолі та етилацетаті.

Синтез 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду здійснювали за методикою [2] (літературні дані  $T_{\text{fus}}=240,7^{\circ}\text{C}$ ; наші дані  $T_{\text{fus}}=513,9\pm 1,1\text{ K}$ ). У дослідженнях використовували зразки № 1 та 2, отримані після 2-х і 3-х кратної перекристалізації з суміші етанол-диметилформамід. Спектри ЯМР  $^1\text{H}$  записували на приладі Varian 600 (600 мГц) розчинник ДМСО – d<sub>6</sub>. Хімічні зсуви (δ м.ч.) наведені відносно сигналу ДМСО (2,5 м.ч.):  $^1\text{H}$  ЯМР (600 МГц, DMSO-d<sub>6</sub>) δ: 7,14 (д, J=3,7 Гц, 1H, фуран), 7,48 (д, J=3,7 Гц, 1H, фуран), 7,73 (т, J=8,4 Гц, 1H, C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 7,76 (ш.с, 1H, NH), 7,86 (т, J=8,4 Гц, 1H, C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 7,88 (ш.с, 1H, NH), 7,98 (д, J=8,4 Гц, 1H, C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 7,99 (с, 1H, CH), 8,04 (д, J=7,9 Гц, 1H, C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>). Також ступінь чистоти сполуки підтвер-

Фізико-хімічні властивості розчинників

Розчинники	M, г/моль	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>		T <sub>boil</sub> , К		Вміст основного компонента, мас.%
		літературне	визначене	літературне	визначене	
Ацетонітрил	41,053	1,3442 [3]	1,3444	81,6 [3]	81,4	99,9
Етилацетат	88,106	1,3724 [3]	1,3722	77,1 [3]	76,8	99,9
Ацетон	58,080	1,3591 [3]	1,3590	56,2 [3]	56,0	99,8
ізо-Пропанол	60,096	1,3776 [3]	1,3776	82,2 [3]	81,9	99,9

джена постійністю температури початку плавлення, величинами ентальпії плавлення та випаровування, визначених з взірців речовини, що взяли на різних ступенях очистки.

Для дослідження розчинності 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду було обрано низку широко застосовуваних органічних розчинників з низькою температурою кипіння, що різняться за полярністю.

Перед використанням розчинники очищали фракційною перегонкою з наступною їх ідентифікацією за показником заломлення (n<sub>D</sub><sup>20</sup>) та температурою кипіння (T<sub>boil</sub>); вміст основного компонента (виражений у мас.%) встановлювали методом газорідинної хроматографії. В табл. 1 наведено величини фізико-хімічних властивостей розчинників, визначених під час ідентифікації речовин і взятих для порівняння з літературних джерел.

Насичений розчин 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду одержували в герметичній скляній посудині, обладнаній тefлоновою мішалкою, термометром і патрубком для відбору проб. Температуру води в термостаті підтримували з точністю ±0,1 К. Швидкість обертання мішалки становила 30–40 об./хв. Для підтвердження встановлення рівноваги досліди виконували як в режимі підвищення температури, так і її пониження. Відсутність петлі гістерезису на кривій температурної залежності розчинності підтверджує досягнення стану близького до рівноваги.

Проби розчинів відбирали серіями з 2–3 зразків і переносили в попередньо зважені бюкси, після чого бюкси закривали герметично та зважували повторно, визначаючи таким чином масу наважки. Після зважування бюкси відкривали та сушили до постійної маси в термошафі з температурою 343 К, визначали масу сухого залишку речовини та розраховували її мольну частку в насиченому розчині. Зважування на всіх етапах здійснювали на аналітичних вагах ВЛР-200 з точністю ±0,0002 г. У табл. 2 наведені маси розчиненої речовини (m<sub>2</sub>), мольні частки 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду (x<sub>2</sub>) та температури (T). У цій же таблиці наведено рівняння ln x<sub>2</sub> = A – B/T температурної залеж-

ності розчинності. Коефіцієнти рівняння та вибіркові дисперсії величин розраховані за методом найменших квадратів.

Розчинність 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміда за 298 К, стандартні зміни ентальпії (Δ<sub>sol</sub>H<sup>0</sup>) та ентропії (Δ<sub>sol</sub>S<sup>0</sup>) розчинення розраховані з використанням температурної залежності розчинності (табл. 2) за рівняннями (1,2) наведені у табл. 3.

$$\Delta_{sol}H^0 = R \cdot B; \tag{1}$$

$$\Delta_{sol}S^0 = R \cdot A. \tag{2}$$

Ентальпію плавлення 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду визначали за даними диференційного термічного аналізу, виконано на дериватографі Q-1500 D системи Paulik–Paulik–Erdey. Зразки аналізували у динамічному режимі з швидкістю нагрівання 3 К/хв в атмосфері повітря.

Під час термогравіметричних досліджень 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміда було встановлено втрату маси зразка, яка пов'язана з процесом його випаровування. Тому теплоту плавлення речовини розраховували з врахуванням теплоти, яка поглинається при випаровуванні втраченої маси зразка (3).

$$K \cdot S = Q_{fus} + Q_{vap} = m_0 \cdot \Delta H_{fus} + \Delta m_{vap} \cdot \Delta H_{vap}, \tag{3}$$

де Q<sub>fus</sub> і Q<sub>vap</sub> – кількість теплоти (Дж), яка поглинається при плавленні чи випаровуванні зразка, відповідно; m<sub>0</sub> – маса зразка (г), яка відповідає температурі початку його плавлення T<sub>fus</sub>; Δm<sub>vap</sub> – втрата маси зразка (маса пари, г) за період, який враховували для визначення площі піка S (К·с) під кривою ДТА; K – коефіцієнт теплопередачі, визначений з використанням зразків адипінової кислоти, біфенілу, нітрату срібла та еталонної бензойної кислоти марки К-1 (Дж/К·с), Δ<sub>fus</sub>H і Δ<sub>vap</sub>H – питомі ентальпії плавлення та випаровування речовини (Дж/г).

В табл. 4 наведено результати визначення ентальпії плавлення 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду за температури плавлення T<sub>fus</sub> = 513,9 ± 1,1 К.

**Термодинамічні властивості насичених розчинів 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в органічних розчинниках**

Таблиця 2

Температурна залежність розчинності 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в органічних розчинниках

T, K	$m_2 \cdot 10^3, \text{ г}$	$x_2 \cdot 10^3$	T, K	$m_2 \cdot 10^3, \text{ г}$	$x_2 \cdot 10^3$	T, K	$m_2 \cdot 10^3, \text{ г}$	$x_2 \cdot 10^3$	T, K	$m_2 \cdot 10^3, \text{ г}$	$x_2 \cdot 10^3$		
<b>Ацетонітрил</b>													
295,0	0,8	0,11	308,5	0,8	0,18	317,1	1,7	0,31	323,2	3,1	0,39		
	0,6	0,11		0,9	0,19		1,8	0,32		325,0	1,1	0,36	
	0,6	0,09		1,5	0,25		2,3	0,31			1,4	0,38	
298,3	0,7	0,12	310,0	1,8	0,26	320,0	1,5	0,36	325,9	1,3	0,38		
	0,8	0,13		1,7	0,23		2,0	0,37		1,3	0,37		
301,6	0,4	0,16	312,9	1,5	0,22	321,5	2,3	0,37	326,1	1,4	0,36		
	0,6	0,18		1,6	0,22		1,8	0,37		2,6	0,46		
305,4	0,8	0,16	314,2	1,7	0,21	323,2	2,1	0,36		3,6	0,48		
	1,0	0,18		1,6	0,24		2,6	0,37		3,6	0,46		
	1,1	0,17		1,7	0,25		1,9	0,38					
308,5	0,5	0,21		2,0	0,25		2,3	0,38					
$\ln x_2 = (5,05 \pm 0,49) - (4178 \pm 153)/T$													
<b>Ацетон</b>													
305,3	1,9	0,47	311,1	2,0	0,63	314,9	3,4	0,70	318,5	4,3	0,79		
	2,3	0,53		2,1	0,61		316,0	2,1		0,67	320,2	2,8	0,79
	2,4	0,51		2,1	0,59			2,7		0,68		2,9	0,77
306,3	1,8	0,54	311,5	1,6	0,58	316,6	2,9	0,72	322,0	3,0	0,78		
	2,0	0,53		2,2	0,59		3,1	0,73		1,4	0,84		
	2,4	0,56		3,1	0,59		3,4	0,74		5,2	0,86		
308,5	1,6	0,61	313,0	1,8	0,66		3,4	0,73		5,7	0,88		
308,5	1,7	0,58	313,0	2,0	0,64	318,0	2,9	0,71	323,0	3,8	0,92		
	1,6	0,54		2,2	0,63		3,1	0,72		3,8	0,93		
310,5	1,9	0,57	313,1	2,2	0,62	318,5	3,2	0,74		3,0	0,86		
	2,0	0,59		2,9	0,70		3,6	0,81					
	2,1	0,56	314,9	3,1	0,68		4,2	0,78					
$\ln x_2 = (2,51 \pm 0,35) - (3085 \pm 111)/T$													
<b>Ізопропанол</b>													
310,0	0,2	0,05	322,6	0,4	0,18	330,9	1,8	0,36	340,1	3,0	0,56		
	0,2	0,05		1,1	0,23		332,5	0,9		0,33	3,4	0,54	
	0,3	0,05		1,3	0,25			1,2		0,31	5,1	1,01	
317,5	0,4	0,11	326,5	1,4	0,24	336,0	1,4	0,36	344,0	5,1	0,93		
	0,4	0,08		0,9	0,25		1,6	0,43		5,5	0,91		
	0,4	0,10		1,3	0,23		1,7	0,45		3,7	1,18		
322,6	0,4	0,14	330,9	1,1	0,24	340,1	2,0	0,44	346,5	4,5	1,21		
	0,4	0,16		1,3	0,27		2,9	0,62		4,2	1,02		
$\ln x_2 = (18,98 \pm 0,62) - (8953 \pm 205)/T$													
<b>Етилацетат</b>													
317,5	1,6	0,54	326,6	3,3	0,94	330,5	3,5	1,05	336,3	2,9	1,54		
	1,7	0,51		3,2	0,82		332,7	5,7		1,15	3,6	1,50	
	1,4	0,52		4,2	0,96			4,2		1,26	5,5	1,79	
322,4	2,6	0,68	327,0	5,5	0,95	336,0	4,8	1,34	340,0	4,2	1,71		
	3,0	0,67		4,4	0,97		4,2	1,44		4,1	1,92		
	3,4	0,75		4,7	0,99		4,5	1,38		6,1	2,19		
325,1	2,9	0,73	330,5	3,0	1,10	336,3	4,5	1,33	344,1	6,3	2,22		
	2,9	0,76		3,2	1,09		2,4	1,61		6,3	2,28		
$\ln x_2 = (11,20 \pm 0,45) - (5953 \pm 149)/T$													

Таблиця 3

Термодинамічні параметри розчинності 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в органічних розчинниках за 298 К

Розчинник	$X_2 \cdot 10^3$	$\Delta_{sol}H^0$	$\Delta_{mix}H^0$	$\Delta_{sol}S^0$	$\Delta_{mix}S^0$
		кДж/моль		Дж/моль·К	
Ацетонітрил	0,13±0,01	34,7±1,3	8,9±1,8	42,0±4,0	-1,4±4,3
Ацетон	0,39±0,01	25,65±0,92	-0,2±1,6	20,9±2,9	-22,5±3,4
Ізопропанол	0,016±0,002	74,4±1,7	48,6±2,1	157,8±5,2	114,4±5,5
Етилацетат	0,16±0,01	49,5±1,2	23,7±1,8	93,1±3,7	49,7±4,1

Таблиця 4

Ентальпії плавлення зразків 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду

№	$m_0$ , г	$\Delta m_{var}$ , г	S, К·с	$Q_{var}$ , Дж	$\Delta_{fus}H$ , кДж/моль
1	0,1996	0,0022	529,5	0,96	36,67
2	0,1981	0,0027	550,7	1,17	38,19
Середнє значення:					37,43±0,76

Зміну ентропії при рівноважному процесі плавлення розраховували за відомим рівнянням:  $\Delta_{fus}S^0 = \Delta D_{fus}H^0 / T_{fus} = 72,8 \pm 1,3$  Дж/моль·К.

**Обговорення результатів**

Розраховані термодинамічні параметри розчинення  $\Delta_{sol}H^0$  і  $\Delta_{sol}S^0$  характеризують одночасно процес утворення розчину (змішування компонентів ( $\Delta_{mix}H^0$ ;  $\Delta_{mix}S^0$ ) та фазовий перехід кристалічної речовини в рідку фазу розчину ( $\Delta_{fus}H^0$ ;  $\Delta_{fus}S^0$ ), тобто  $\Delta_{sol}H^0 = \Delta_{mix}H^0 + \Delta_{fus}H^0$  та  $\Delta_{sol}S^0 = \Delta_{mix}S^0 + \Delta_{fus}S^0$ .

Величини ентальпії та ентропії плавлення перераховували до температури 298 К за рівняннями (4,5) запропонованими у [4]:

$$\Delta_{fus}H_T = \Delta_{fus}H_{T_{fus}} + \Delta_{fus}Cp(T - T_{fus}) = \Delta_{fus}H_{T_{fus}} \left[ 1 + \frac{T - T_{fus}}{1,35 \cdot T_{fus}} \right]; \quad (4)$$

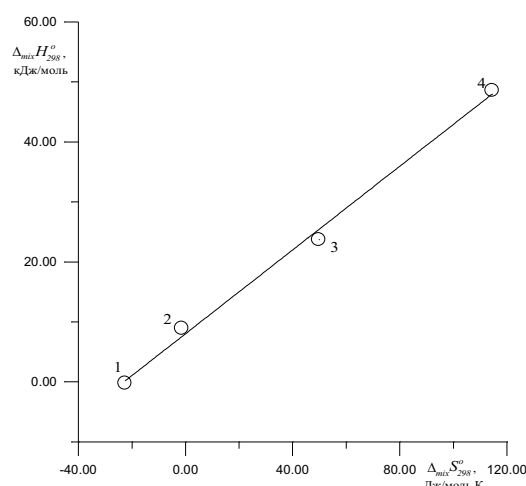
$$\Delta_{fus}S_T = \Delta_{fus}S_{T_{fus}} + \Delta_{fus}Cp \ln \frac{T}{T_{fus}} = \Delta_{fus}S_{T_{fus}} \left[ 1 + \frac{1}{1,35} \ln \frac{T}{T_{fus}} \right]. \quad (5)$$

Перераховані величини  $\Delta_{fus}H$  та  $\Delta_{fus}S$  2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду за температури плавлення (513,9 К) на температуру 298 К складають:  $\Delta_{fus}H_{298} = 25,8 \pm 1,3$  кДж/моль;  $\Delta_{fus}S_{298} = 43,4 \pm 1,7$  Дж/моль·К.

Лінійна залежність за 298 К (рисунок) між ентальпією і ентропією розчинення дослідже-

них речовин у використаному низки розчинників з різною полярністю ілюструє існування «компенсаційного ефекту» в досліджених системах.

Величина та знак  $\Delta_{mix}H^0$  і  $\Delta_{mix}S^0$ , встановлених з урахуванням  $\Delta_{fus}H^0$  та  $\Delta_{fus}S^0$ , визначаються різницею енергій міжмолекулярних зв'язків між однорідними молекулами та енергією зв'язків між різнорідними молекулами в розчині (табл. 3).



Залежність між ентальпією та ентропією розчинення 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду в розчинниках різної полярності: 1 – ацетон; 2 – ацетонітрил; 3 – етилацетат; 4 – ізопропанол.  $\Delta_{mix}H = 0,349 \cdot \Delta_{mix}S + 8,02$ ;  $R = 0,996$

Будова молекули 2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду достатньо складна, адже вона містить як електронно-акцепторну, так і електронно-донорні групи. Як відомо, [5] процес випаровування речовини супроводжується руйнуванням міжмолекулярних зв'язків. В алканах міжмолекулярна взаємодія забезпечується лише дисперсійними силами, тому різниця між ентальпіями випаровування ( $\Delta_{vap}H$ ) досліджуваної речовини та молекули уявного алкану з подібною молекулярною масою дасть величину, яка припадатиме на енергії диполь-дипольних взаємодій та донорно-акцепторного зв'язку. Величина ентальпії випаровування

2-ціано-3-[5-(2-нітрофеніл)-2-фурил]-2-пропенаміду ( $M=283,1$  г/моль), оцінена за даними диференційно-термічного аналізу та перерахована за методикою [6] до температури 298 К, становить 165,0 кДж/моль, а для ейкозану  $C_{20}H_{42}$   $M=282,6$  г/моль;  $\Delta_{\text{vap}}H_{298}=102$  кДж/моль [3]. Різниця між наведеними значеннями ентальпій випаровування становить 63,3 кДж/моль, що і припадає на енергію диполь-дипольних та водневих зв'язків у досліджуваній речовині. Енергія утворення водневих зв'язків за участю амідної групи складає  $\sim 15\text{--}20$  кДж/моль. [7]

Позитивні значення ентальпій змішування досліджуваних систем в зазначеному діапазоні концентрацій та температур свідчать про те, що енергія, яка затрачається на руйнування міжмолекулярних зв'язків в індивідуальних речовинах переважає енергію, що виділяється в результаті утворення нових міжмолекулярних зв'язків в розчинах.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковтуненко В.О. Лікарські засоби з дією на центральну нервову систему. – К.: Перун, 1997. – 464 с.
2. Лесюк А.И., Федорович И.С., Обушак Н.Д. Синтез и превращения производных и аналогов  $\alpha$ -цианокоричной кислоты // Журнал орган. химии. – 2000. – Т.36. – № 11. – С.1727-1732.
3. NIST Chemistry Web-book. NIST Standard Reference Database Number 69 [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://webbook.nist.gov/chemistry/form-ser.html>.
4. Термодинамические характеристики растворения 1-метил-2-пирролкарбоновой кислоты в органических растворителях / Собечко И.Б., Прокоп Р.Т., Горак Ю.И. и др. // Вопр. химии и хим. технологи. – 2013. – № 4. – С.12-19.
5. К Райд Курс физической органической химии. – М.: Мир, 1972. – 575 с.
6. Thermodynamic properties of furan-2-carboxylic and 3-(2-furyl)-2-propenoic acid / Sobechko I.B., Van-Chin-Syan Yu.Ya., Kochubei V.V. et. al // Russian journal of physical chemistry. – А. – 2014. – Vol.88. – № 12. – p. 2046-2053.
7. Смирнова Н.А. Молекулярные теории растворов. – Л.: Химия, 1987. – 336 с.

Надійшла до редакції 6.09.2015

## THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SATURATED SOLUTIONS OF 2-CYANO-3-[5-(2-NITROPHENYL)-2-FURYL]-2-PROPENAMIDE IN ORGANIC SOLVENTS

Y.A. Chetverzhuk <sup>a</sup>, I.B. Sobechko <sup>a</sup>, Y.I. Horak <sup>b</sup>, V.V. Sergeev <sup>a</sup>, V.V. Kochubey <sup>a</sup>, A.R. Vahula <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

<sup>b</sup> Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

The solubility of 2-cyano-3-[5-(2-nitrophenyl)-2-furyl]-2-propenamide in acetonitrile, acetone, ethyl acetate and isopropanol was determined in the temperature range of 295.0 to 346.5 K. The dissolution enthalpies and entropies were calculated from the temperature dependences of the solubility of 2-cyano-3-[5-(2-nitrophenyl)-2-furyl]-2-propenamide. The differential thermal analysis of 2-cyano-3-[5-(2-nitrophenyl)-2-furyl]-2-propenamide was conducted in the temperature range of 303.3 to 515.5 K. The enthalpies of melting and evaporation of 2-cyano-3-[5-(2-nitrophenyl)-2-furyl]-2-propenamide were determined by differential thermal analysis method. The equations for the calculation of entropy and enthalpy values from melting point to any other temperature were derived; the melting enthalpy value for the substance was adjusted to 298 K. Based on the value of the vaporization enthalpy adjusted to 298 K, the presence of intermolecular hydrogen bonds was established which are formed by the amide groups. The mixing enthalpy of the amide under consideration with using selected solvents was calculated according to the obtained values of dissolution and fusion enthalpies. We obtained positive values of mixing enthalpy for the systems with all studied solvents, this valued being calculated taking into account the melting enthalpy of 2-cyano-3-[5-(2-nitrophenyl)-2-furyl]-2-propenamide.

**Keywords:** enthalpy and entropy of dissolution; enthalpy and entropy of mixing; entropy of melting; furan derivatives; 2-cyano-3-[5-(2-nitrophenyl)-2-furyl]-2-propenamide.

## REFERENCES

1. Kovtunenکو V.O., *Likars'ki zasoby z diyeyu na tsentralnu nervovu systemu* [Drugs with the influence on central nerve system]. Perun, Kyiv, 1997. 464 p. (in Ukrainian).
2. Lesyuk A.I., Fedorovich I.S., Obuchak N.D. Sintez i prevrashcheniya proizvodnykh i analogov  $\alpha$ -tsianokorichnoi kisloty [Synthesis and transformations of derivatives and analogs of  $\alpha$ -cyanic-cinnamonic acid]. *Zhurnal Organicheskoi Khimii*, 1971, vol. 25, no. 2, pp. 142-146. (in Russian).
3. NIST Chemistry Web-book. NIST Standard Reference Database Number 6. Available at: <http://webbook.nist.gov/chemistry/form-ser.html>.
4. Sobechko I.B., Prokop R.T., Horak Yu.I., Kochubei V.V., Van-Chin-Syan Yu.Ya., Obuchak M. D. Termodinamicheskiye kharakteristiki rastvoreniya 1-metil-2-pirrol-karbonovoi kisloty v organicheskikh rastvoritelakh [Thermodynamic properties of dissolution of 1-metyl-2-pirrol carboxylic acid in organic solvents]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2013, vol. 4, pp. 12-19. (in Russian).
5. Raid K., *Kurs fizicheskoi organicheskoi khimii* [The course of physical organic chemistry]. Mir, Moscow, 1972. 575 p. (in Russian).
6. Sobechko I.B., Van-Chin-Syan Yu.Ya., Kochubei V.V., Prokop R.T., Velychkivska N.I., Gorak Yu.I., Dibrivnyi V.N., Obushak M.D. Thermodynamic properties of furan-2-carboxylic and 3-(2-furyl)-2-propenoic acid. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2014, vol. 88, no. 12, pp. 2046-2053.
7. Smirnova N.A., *Molekuliarnye teorii rastvorov* [Molecular theories of solutions]. Khimiya, Leningrad, 1987. 336 p. (in Russian).