

О.П. РУДЕНКО,¹ О.В. САЄНКО,¹ Р.О. САЄНКО,¹ О.С. СВЕЧНИКОВА²

¹ Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка
(Вул. Остроградського, 2, Полтава 36003; e-mail: Saenkooleg1966@gmail.com)

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка
(Вул. Володимирська, 64/13, Київ 01601; e-mail: oksana.svechnikova@gmail.com)

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ В'ЯЗКОЇ ТЕЧІЇ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ РЯДУ ПОЛІОЛІВ

УДК 544.35:547.427

У даній роботі експериментально одержані дані про кінематичну в'язкість використано для проведення розрахунків термодинамічних характеристик в'язкої течії деяких поліолів і водних розчинів на їх основі. Досліджувались розчини гліцерину, еритриту, ксиліту, адоніту, сорбіту, маніту, дульциту. Крім водних розчинів, були досліджені розплави еритриту, ксиліту і сорбіту. Розрахунок ентропії, ентальпії та вільної енергії в'язкої течії розчинів та розплавів проводився у рамках теорії констант швидкостей реакцій. Встановлена лінійна залежність між істинною ентропією і ентальпією в'язкої течії досліджуваних систем дозволила визначити ізокінетичну температуру, розрахувати трансмісійний коефіцієнт і зробити висновки про величину енергії коливань зв'язків реакційних центрів активних комплексів та способи їх утворення.

Ключові слова: в'язкість, поліолі, водні розчини, ізокінетична температура.

1. Вступ

Інтерес до вивчення властивостей цукрових спиртів (багатоатомних спиртів) та розчинів на їх основі зумовлений широким колом напрямків людської діяльності, де вони використовуються. У першу чергу, це харчова промисловість [1, 2] і медицина [3, 4]. Значна частина робіт присвячена дослідженням саме тих властивостей, які є визначальними для цих галузей: впливу на процеси перебігу різних захворювань [3, 4], зміні смакових якостей продуктів харчування та транспортним характеристикам [1, 2]. Значно менша увага, на наш погляд, приділяється дослідженню молекулярних теплових рухів та їх термодинамічних характеристик у подібних об'єктах [5, 6, 7, 8].

Дана робота містить результати досліджень термодинамічних характеристик в'язкої течії, одержаних на основі даних про коефіцієнт зсувної в'язкості поліолів, їхніх водних розчинів, а також розплавів деяких із них.

На сьогодні для розрахунку термодинамічних характеристик в'язкої течії можна скористатися двома підходами. Перший з них – це так званий “активаційний”, який використовується у теоріях

Френкеля [9], Ейрінга [10] і теорії констант швидкостей реакцій [11] та “неактиваційний” [12, 13]. У даній роботі для розрахунку термодинамічних характеристик в'язкої течії водних розчинів ряду поліолів, досліджених експериментально, було використано активаційні підходи.

2. Методи та об'єкти досліджень

Вимірювання коефіцієнта кінематичної в'язкості $\nu = \eta_s / \rho$ у водних розчинах ряду поліолів проводилися в інтервалі температур 283–353 К. Температура підтримувалась із похибкою $\pm 0,1$ °С за допомогою ультратермостата. Досліджувалися розчини широкого спектра концентрацій від розведених з $C = 1$ мас.% до практично насичених за температури 293 К. Верхня межа концентрацій розчинів досліджуваних об'єктів визначалася розчинністю кожного окремо взятого поліолу. Наприклад, дослідження проводилися з розчинами гліцерину (10, 20, 40, 50, 70, 80, 100 мас.%), еритриту (1, 5, 15, 25, 30, 35 мас.%), ксиліту (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 мас.%), адоніту (10, 20, 30, 40 мас.%), сорбіту (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 мас.%), маніту (1, 2, 3, 5, 10, 12, 15 мас.%), дульциту (1, 2, 3 мас.%).

Для приготування розчинів були використані багатоатомні спирти із вмістом основної речовини не менше 99%, та двічі дистильована вода. Роз-

© О.П. РУДЕНКО, О.В. САЄНКО, Р.О. САЄНКО,
О.С. СВЕЧНИКОВА, 2020

чини готувались ваговим методом. Необхідні зважування проводились на аналітичних терезах з похибкою $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ г. Перед приготуванням розчинів поліоли попередньо просушували у вакуум-ексикаторі при поступовому підвищенні температури до ~ 70 °С.

Крім водних розчинів були досліджені розплави еритриту, ксиліту і сорбіту. Дослідження розплавів проводили у діапазоні температур 393–473 К. Похибка підтримування температури у цьому інтервалі температур становила $\pm 0,2$ °С.

Такий підбір об'єктів дослідження дозволяє прослідкувати вплив на величину кінематичної в'язкості та термодинамічних характеристик в'язкої течії таких величин, як довжини карбонових ланцюгів і кількості груп ОН– у молекулах (змінюються від 3 до 6), а також розташування цих груп, оскільки ксиліт і адоніт та сорбіт, маніт і дульцит є відповідно п'яти- і шестиатомними спиртами ізомерами, із загальними формулами $C_5O_5H_{12}$ і $C_6O_6H_{14}$.

Вимірювання зсувної в'язкості водних розчинів проводили за допомогою закритого капілярного віскозиметра з висячим рівнем, конструкція якого описана у [14]. Похибка вимірювань зсувної в'язкості становила 1–3%.

3. Результати експерименту та їх модельне представлення

У результаті експериментальних досліджень було одержано залежності $\nu = f(T)$ і $\nu = f(N(\text{моль}\%))$. Температурні залежності коефіцієнта кінематичної в'язкості досліджених об'єктів у вибраному інтервалі температур 283–353 К подібні між собою для усіх вивчених розчинів та подібні до температурних залежностей кінематичної в'язкості води і рідинних систем на її основі. Як приклад на рис. 1 наведено температурні залежності в'язкості розчинів еритриту.

Коефіцієнт в'язкості збільшується при зростанні концентрації розчинів. Однотипним у всіх концентраційних залежностях коефіцієнта кінематичної в'язкості є їх зростання при підвищенні вмісту поліоли у розчині. Особливо стрімко це зростання відбувається у області “низьких” температур досліджуваного температурного інтервалу. На рис. 2 наведено концентраційні залежності коефі-

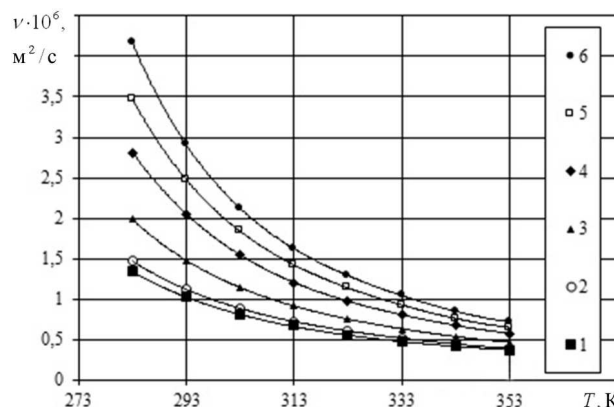


Рис. 1. Температурні залежності кінематичної в'язкості розчинів еритриту різних концентрацій: 1 мас.% (1); 5 мас.% (2); 15 мас.% (3); 25 мас.% (4); 30 мас.% (5); 35 мас.% (6)

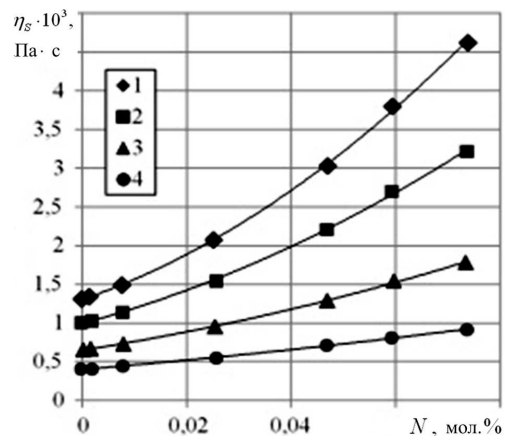


Рис. 2. Концентраційні залежності коефіцієнта динамічної в'язкості водних розчинів еритриту за різних температур: 283 К (1); 293 К (2); 313 К (3); 343 К (4)

цієнта кінематичної в'язкості розчинів еритриту для температур 283, 293, 313, 343 К.

Застосування теорії констант швидкостей реакцій [11], що була використана до опису зсувних деформацій, передбачає протікання у рідинній системі процесів, які прийнято вважати мономолекулярними реакціями розриву і утворення міжмолекулярних зв'язків між асоціатами та комплексами динамічної системи, якою вважається об'єм будь-якої рідини. Також у даній моделі припускається, що активні комплекси виникають у результаті нормальних реакцій, які є лінійною комбінацією множини елементарних реакцій розриву міжмолеку-

лярних зв'язків між асоціатами та комплексами у досліджуваних рідинних системах [11].

Застосування теорії констант швидкостей реакцій до вивчення в'язкої течії дозволяє глибше зрозуміти фізичну природу кінетичного компенсаційного ефекту та інших співвідношень. Зокрема, як показано в [11], з теорії констант швидкостей реакцій можна отримати рівняння Ейрінга, припустивши, що рідина є «ідеальною». У рамках теорії констант швидкостей реакцій є можливість визначити трансмісійний коефіцієнт і розрахувати істинні зміни ентропії та вільної енергії активації в'язкої течії.

Методика розрахунків термодинамічних характеристик в'язкої течії в рамках активаційних моделей відома і описана у літературних джерелах [16, 17]. Основні етапи цих досліджень є такими.

Використовуючи експериментальні дані про кінематичну в'язкість ν , за умови лінійності $\ln \nu = f(T^{-1})$, користуючись співвідношенням [15, 16]

$$\Delta H_{\eta_s}^{\neq} = R \frac{\partial \ln(\nu)}{\partial T^{-1}} \quad (1)$$

розраховують величину $\Delta H_{\eta_s}^{\neq}$.

Для визначення величини емпіричної вільної енергії $\Delta G_{\eta_{se}}^{\neq}$ використана формула [9]:

$$\Delta G_{\eta_{se}}^{\neq} = RT \ln \frac{\nu \mu}{h N_A}, \quad (2)$$

де R – універсальна газова стала, h – стала Планка, μ – молярна маса розчину (речовини). Співвідношення (2) одержане за умови, що трансмісійний коефіцієнт рівний одиниці (одержані за такого припущення величини назвали емпіричними [9]). Емпіричну ентропію $\Delta S_{\eta_{se}}^{\neq}$ знаходять з рівняння

$$\Delta G_{\eta_{se}}^{\neq} = \Delta H_{\eta_s}^{\neq} - T \Delta S_{\eta_{se}}^{\neq}. \quad (3)$$

Побудувавши графіки залежностей $\Delta H_{\eta_s}^{\neq} = f(\Delta S_{\eta_{se}}^{\neq})$, встановлюють наявність (відсутність) кінетичного компенсаційного ефекту [15, 16], тобто лінійної залежності між ентальпією та емпіричною ентропією в'язкої течії, що описується рівнянням

$$\Delta H_{\eta_s}^{\neq} = A + T_k^{\neq} \Delta S_{\eta_{se}}^{\neq}. \quad (4)$$

Виконання умови (4) дозволяє визначити A і T_k^{\neq} та провести розрахунки істинних величин активації в'язкої течії за формулами

$$\Delta G_{\eta_s}^{\neq} = \Delta G_{\eta_{se}}^{\neq} + RT \ln(4\pi e a), \quad (5)$$

$$\Delta S_{\eta_s}^{\neq} = \Delta S_{\eta_{se}}^{\neq} - R \ln(4\pi e a). \quad (6)$$

У рівнянні (4) величина T_k^{\neq} – ізокінетична температура активного комплексу.

Існує ряд можливих тлумачень цієї величини, наприклад, як температури, за якої відбувається різка зміна процесу [15], або температури, яка визначає частоту коливань тих зв'язків реакційного центру активного комплексу, які буде розірвано [11]. Зазначимо також, що саме за умови рівності температури системи ізокінетичній температурі $T_k^{\neq} = T$ рівняння з теорії Ейрінга, записане для кінематичної в'язкості, збігатиметься із рівнянням для визначення кінематичної в'язкості, одержаним з формули Ньютона для сили в'язкого тертя.

Необхідно звернути увагу також на той факт, що рівняння (4) є необхідною, проте не достатньою умовою встановлення наявності компенсаційного ефекту. Достатньою буде вимога того, що $\Delta G_{\eta_{se}}^{\neq} = f(T)$ описується рівністю (3). Тільки одночасне виконання (4) і (3) свідчатиме про наявність компенсаційного ефекту.

Величина a (трансмісійний коефіцієнт [11]) у (5) та (6) визначає відношення ймовірностей виникнення у активному комплексі перехідного стану до усіх інших можливих способів дезактивації активного комплексу. Цією величиною визначається флуктуація коливної енергії активного комплексу ΔE^+ , яка необхідна для переведення комплексу в нестійкий стан, після чого відбувається розрив міжмолекулярних зв'язків:

$$\Delta E^+ = RT_k^{\neq} \sqrt{-\ln(2a)}. \quad (7)$$

У рамках розглядуваної моделі RT_k^{\neq} – стандартна флуктуація енергії активного комплексу. З рівності (7) можна визначити кількість фонових з енергією RT_k^{\neq} на моль, яка необхідна для виникнення перехідного стану активного комплексу [9].

4. Обговорення результатів

На рис. 3 наведено залежності $\ln \nu = f(T^{-1})$ для водних розчинів еритриту. Для розчинів інших поліолів логарифми кінематичної в'язкості від оберненої температури мають подібний характер. Лінійний характер мають також залежності логарифма кінематичної в'язкості від оберненої температури і для досліджених розплавів. Тому для розрахунку термодинамічних характеристик в'язкої те-

чії було застосовано вище описану модель та рівняння (2)–(4).

На рис. 4 наведено залежності ентальпії від емпіричної ентропії для гліцерину, еритриту та ксиліту. Для інших досліджених об'єктів, залежності ентальпії від емпіричної ентропії у межах похибок їхнього визначення також носять лінійний характер. Крім цього, температурні залежності вільної енергії відповідають рівнянню (3). Тобто, можна стверджувати, що у вивчених системах при в'язкій течії у досліджуваному інтервалі температур спостерігається кінетичний компенсаційний ефект, наявність якого дозволяє визначити ізокінетичну температуру T_k^\ddagger за тангенсом кута нахилу залежності $\Delta H_{\eta_s}^\ddagger = f(\Delta S_{\eta_s}^\ddagger)$ відповідно до рівняння (4). За величиною відрізка, який відтинає дана пряма на осі абсцис, визначаємо трансмісійний коефіцієнт та значення істинних ентропії та вільної енергії (5), (6).

Величини термодинамічних характеристик в'язкої течії, значення ізокінетичної температури та трансмісійного коефіцієнта, розрахованих за рівняннями (1)–(6) для усіх досліджених систем, представлені в таблиці.

Серед даних таблиці у першу чергу звертають на себе увагу своїм від'ємним значенням величини емпіричної ентропії активації в'язкої течії розчинів ксиліту і сорбіту. Крім цього, значення величин T_k^\ddagger у більшості досліджених систем коливаються у межах (600 ± 90) К і тільки для розчинів манітолу $T_k^\ddagger = 492$ К.

Таку поведінку розрахованих величин можна пояснювати відмінностями у структурі активних комплексів досліджуваних систем і відмінностями у міжмолекулярних зв'язках, що пов'язані із будовою молекул кожного поліолу, оскільки нами досліджувалися три-, чотири-, п'яти-, та шестиатомні спирти, включаючи ізомери. Проте, якщо врахувати похибки визначення величини ізокінетичної температури, та величин термодинамічних характеристик в'язкої течії, що становлять (15–20)%, то така поведінка T_k^\ddagger свідчатиме про те, що прямі, які відображають залежності ентальпії від емпіричної ентропії, паралельні між собою, тобто мають однакові кутові коефіцієнти.

Розглянемо залежності ентальпії від істинної ентропії, які наведено на рис. 5. З представлених даних видно, що ентальпія та істинна ентропія в'яз-

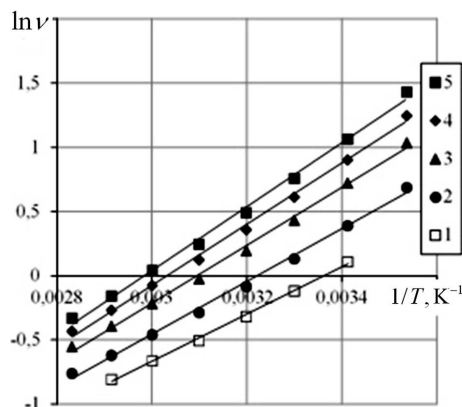


Рис. 3. Залежність логарифма кінематичної в'язкості від оберненої температури для водних розчинів еритриту різних концентрацій: 5 мас.% (1); 15 мас.% (2); 25 мас.% (3); 30 мас.% (4); 35 мас.% (5)

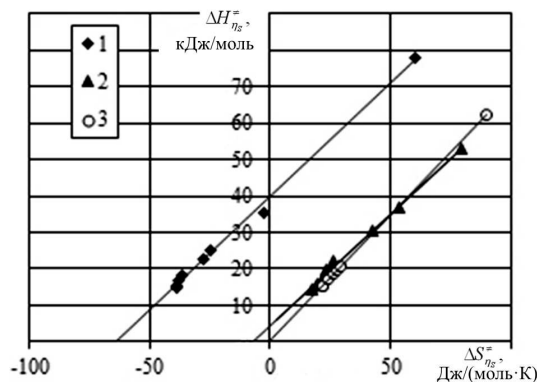


Рис. 4. Залежність ентальпії від емпіричної ентропії водних розчинів: ксиліту (1); гліцерину (2); еритриту (3)

кої течії досліджених об'єктів у межах похибок їхнього визначення (15–20%), групуються вздовж однієї прямої, рівняння якої одержане за допомогою методу найменших квадратів:

$$\Delta H_{\eta_s}^\ddagger = 608 \Delta S_{\eta_s}^\ddagger. \quad (8)$$

Аналізуючи результати досліджень, було припущено, що напрям отриманої прямої у межах похибок визначення величин може збігатися з напрямком прямої залежності $\Delta H_{\eta_s}^\ddagger = f(\Delta S_{\eta_s}^\ddagger)$ для розплавів, яка наведена на рис. 6.

На рис. 6, окрім величин термодинамічних характеристик в'язкої течії розплавів поліолів, вказано і аналогічні величини для води. Термодинамічні характеристики в'язкої течії води розраховували за співвідношеннями (1)–(3) для інтер-

Термодинамічні характеристики в'язкої течії водних розчинів та розплавів поліолів

Сполука	C , мас.%	$\Delta H_{\eta_s}^{\neq}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$	$\Delta G_{\eta_s e}^{\neq}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$	$\Delta S_{\eta_s e}^{\neq}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$	T_k^{\neq} , К	α	$\Delta G_{\eta_s}^{\neq}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{МОЛЬ}}$	$\Delta S_{\eta_s}^{\neq}$, $\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{МОЛЬ}}$
Гліцерин	10	15,7	9,6	19,8	606	$1,1 \cdot 10^{-2}$	7,4	27,4
	20	17,1	10,5	21,6			8,3	29,2
	40	19,9	12,7	23,5			10,5	31,1
	50	22,2	14,0	26,5			11,8	34,1
	70	30,7	17,6	42,3			15,4	49,9
	80	36,8	20,3	53,6			18,1	61,2
	100	53,1	28,5	79,7			26,3	87,3
Еритрит	1	15,2	8,9	21,6	683	$2,6 \cdot 10^{-2}$	8,7	22,5
	5	15,5	9,2	21,7			9,0	22,6
	15	17,1	10,0	24,1			9,8	25,0
	25	18,8	11,0	26,4			10,8	27,3
	30	19,8	11,6	28,1			11,2	29,0
	35	20,7	12,1	29,5			11,9	30,3
	100	62,1	25,8	90,0			26,4	90,9
Ксиліт	5	15,0	26,8	-39,1	620	$1,3 \cdot 10^{-5}$	7,4	25,1
	10	15,6	27,3	-38,6			7,8	25,5
	20	16,8	28,3	-38,0			8,8	26,1
	30	18,3	29,4	-36,9			10,0	27,3
	40	22,5	30,9	-27,7			11,5	36,5
	50	25,2	32,7	-24,8			13,3	39,4
	100	78,1	52,5	60,5			29,1	124,7
Адоніт	10	20,0	12,2	25,6	570	$9,5 \cdot 10^{-3}$	9,4	35,0
	20	21,0	12,6	27,5			9,8	36,9
	30	23,3	13,8	31,3			11,0	40,6
	40	27,3	15,6	38,5			12,8	47,9
Сорбіт	5	14,8	26,8	-39,8	601	$1,6 \cdot 10^{-5}$	8,6	22,6
	10	15,9	27,3	-37,7			9,0	24,8
	20	17,6	28,3	-35,4			10,0	27,0
	30	20,3	29,7	-31,1			11,5	31,3
	40	22,6	31,1	-27,8			12,8	34,6
	50	30,2	32,8	-8,5			14,5	53,9
	60	36,7	35,2	4,9			17,0	67,3
	100	84,8	55,4	68,8			33,2	131,2
Маніт	1	14,2	9,1	16,6	492	$6,8 \cdot 10^{-3}$	5,4	28,8
	2	14,3	9,2	16,8			5,5	29,0
	3	14,4	9,3	16,8			5,6	29,0
	5	15,4	9,7	19,5			5,5	31,7
	10	16,3	9,8	21,2			6,1	33,4
	12	16,6	10,2	21,6			6,2	33,7
	15	17,3	11,6	22,6			6,5	34,8
Дульцит	1	14,1	8,8	18,1	624	$1,7 \cdot 10^{-2}$	7,5	22,5
	2	14,3	8,9	18,4			7,6	22,8
	3	14,5	9,0	18,7			7,7	23,2

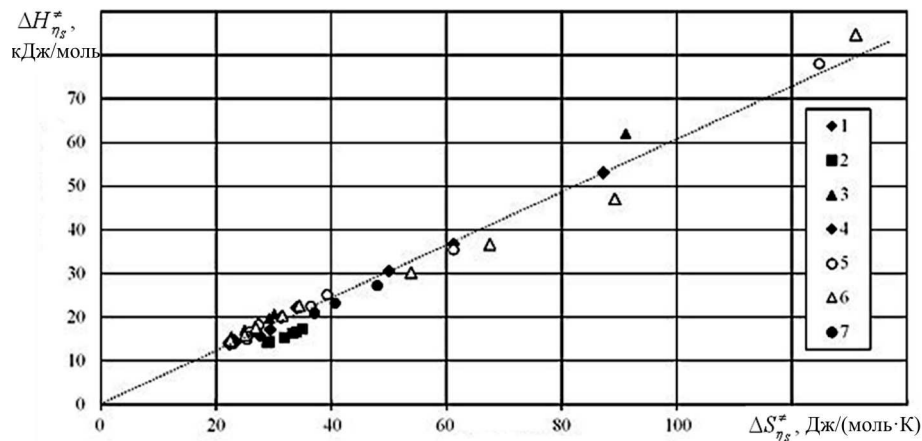


Рис. 5. Залежність ентальпії від істинної ентропії розчинів деяких поліолів: дульцит (1); маніт (2); еритрит (3); гліцерин (4); ксиліт (5); сорбіт (6); адоніт (7)

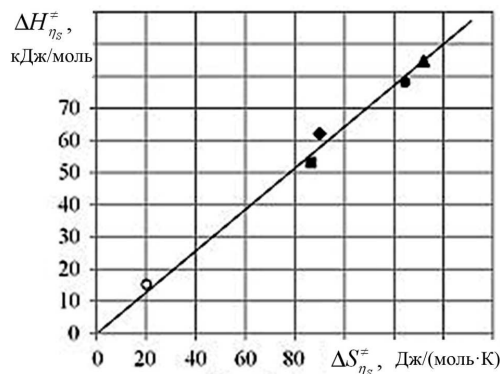


Рис. 6. Залежність ентальпії від істинної ентропії розплавів досліджених поліолів: гліцерин (■); еритрит (◆); ксиліт (●); сорбіт (▲); вода (○)

валу температур (283 ± 343) К за даними [17]. З представленого рисунка бачимо, що залежність $\Delta H_{\eta_s}^{\ddagger} = f(\Delta S_{\eta_s}^{\ddagger})$ є лінійною, а значення ізокінетичної температури дорівнює 641 К, що в межах похибки узгоджується зі значенням 608 К.

За даними про величини трансмісійного коефіцієнта можна зробити деякі висновки про молекулярні перебудови, якими супроводжуються процеси утворення і розпаду активних комплексів при в'язкій течії. Відомо, що у процесі утворення активного комплексу відбувається тільки перерозподіл зв'язків у рідині без зміни їхньої кількості, тоді значення трансмісійного коефіцієнта α має порядок $\approx 10^{-3}$ [11, 16]. У цьому випадку склад активного комплексу залишається подібним до вихідного. За умови розриву слабких хімічних зв'яз-

ків типу ОН- значення $\alpha \approx 10^{-4}$. З огляду на ці дані можна стверджувати, що для таких систем, як розчини гліцерину, еритриту, адоніту, маніту та дульциту під час в'язкої течії переважаючими є процеси перерозподілу зв'язків у рідині без зміни їхньої кількості, а у системах ксиліту і сорбіту в'язка течія супроводжується розривом слабких хімічних зв'язків.

5. Висновки

Проведені дослідження показали, що у водних розчинах гліцерину, еритриту, ксиліту, адоніту, сорбіту, маніту і дульциту та у розплавах гліцерину, еритриту, ксиліту і сорбіту спостерігається кінетичний компенсаційний ефект: лінійна залежність між ентальпією та ентропією активації в'язкої течії. При цьому у межах похибок визначення величин залежності $\Delta H_{\eta_s}^{\ddagger} = f(\Delta S_{\eta_s}^{\ddagger})$ є паралельними між собою, що свідчить про рівність ізокінетичних температур усіх досліджених систем. Така поведінка, на наш погляд, зумовлена тим, що величини енергії коливань відповідних зв'язків реакційних центрів активних комплексів, які розриваються під час в'язкої течії, у досліджених системах відрізняються несуттєво або взагалі не відрізняються. Разом із тим процеси утворення активних комплексів та їхні склади у вивчених рідинах різні. Для більшості досліджених об'єктів процеси утворення активного комплексу відбуваються шляхом перерозподілу зв'язків без зміни їхньої кількості, що сприяє незмінності складу комплексу в процесі в'язкої течії. При цьому у розчинах ксиліту

і сорбіту за умови в'язкої течії утворення активних комплексів супроводжується розривом слабких хімічних зав'язків, що спричинює зміну складу комплексу.

1. S. Ghosh, M.L. Sudha. A review on polyols: New frontiers for health-based bakery products. *Int. J. Food Sci. Nut.* **63** (3), 372 (2012).
2. J.O. Metzger. Production of Liquid Hydrocarbons from Biomass. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **45** (5), 696 (2006).
3. N.I. Gumenyuk, V.Yu. Lishnevskaya. The influence of rheosorbilact on rheological blood properties in patients with coronary artery disease and chronic obstructive bronchitis. *Ukr. Pulmonology J.* **3**, 38 (2003).
4. V.L. Novak, I.V. Vovk, B.O. Kondrats'kyi, S.V. Prymak, M.P. Dzisiv, O.P. Novak, R.P. Dzis, L.G. Doroshenko, Ye.P. Karpovych, V.Ye. Chaban, I.M. Parobets'ka, V.V. Ivasyk. The effect of intravenous infusions of the new domestic "reosorbilact" medication on the blood urea value of patients following operations on the esophagus and stomach. *Buk. Med. Herald* **10**(2), 49 (2006).
5. V. Pogorelov, L. Bulavin, I. Doroshenko, O. Fesjun, O. Veretennikov. The structure of liquid alcohols and the temperature dependence of vibrational bandwidth. *J. Mol. Struct.* **708**, 61 (2004).
6. L. Bulavin, O. Belous, O. Svechnikova. Anomalous ultrasound attenuation near the critical point of n-pentanol–nitromethane solution stratification. *Ukr. J. Phys.* **61**, 375 (2019).
7. P. Golub, I. Doroshenko, V. Pogorelov. Quantum-chemical modeling of energy parameters and vibrational spectra of chain and cyclic clusters of monohydric alcohols. *Phys. Lett. A* **378**, 1937 (2014).
8. V. Pogorelov, A. Yevglevsky, I. Doroshenko, L. Berezovchuk, Yu. Zhovtobryuch. Nanoscale molecular clusters and vibrational relaxation in simple alcohols. *Superlattices and microstructures* **44**, 571 (2008).
9. Ya.I. Frenkel. *Kinetic theory of liquids* (Science, 1975) [ISBN: 545-8-3287-28].
10. S. Gleston, K.J. Laidler, H. Eyring. *The Theory of Absolute Rate Processes* (McGraw-Hill, 1941).
11. M.I. Shakhparonov. *Mechanisms of Fast Processes in Liquids* (Vysshaya Shkola, 1985) (in Russian).
12. N.P. Malomuzh, V.P. Oleynik. Nature of the kinematic shear viscosity of water. *J. Struct. Chem.* **49**, 1055 (2008).
13. M.P. Malomuzh, O.P. Rudenko, A.M. Khlopov, L.M. Yagupol's'kyi. Peculiarities of the temperature dependence of kinematic shear viscosity of fluorine derivatives of benzene. *Ukr. J. Phys.* **55** (3), 283 (2010).
14. R.O. Saienko, O.P. Rudenko, A.M. Getalo, O.V. Saienko, S.W. Stepanenko. Pristriy for vimyuvannya v'yazkosti ridkyh rychovin. *Patent of Ukraine No. 94735, MPK G01N 22*, U201406993 (2014).
15. L.A. Bulavin, A.M. Getalo, O.P. Rudenko, O.V. Khorolskyi. Influence of fluorination on the physical properties of normal aliphatic alcohols. *Ukr. J. Phys.* **60** (5), 428 (2015).
16. V.I. Lebed, E.N. Glazkova. Physico-chemical properties of the system formic acid–water–1,4-dioxan. *Visn. Kharkiv. Nat. Univ. Ser. Khim.* No. 669, 188 (2005) (in Russian).
17. I.T. Gronovsky, Yu.P. Nazarenko, E.F. Nekryach. *Chemistry Quick Reference* (Naukova Dumka, 1974) (in Russian).

Одержано 13.04.20

O.P. Rudenko, O.V. Saienko,
R.O. Saienko, O.S. Svechnikova

THERMODYNAMIC PARAMETERS OF THE VISCOUS FLOW IN THE AQUEOUS SOLUTIONS OF POLYOLS

S u m m a r y

Data experimentally obtained for the kinematic viscosity are used to calculate the thermodynamic characteristics of viscous flows in some polyols and their aqueous solutions. The solutions of glycerol, erythritol, xylitol, adonite, sorbitol, mannitol, and dulcitol are studied, as well as the melts of erythritol, xylitol, and sorbitol. The entropy, enthalpy, and free energy of the viscous flow are calculated in the framework of the theory of reaction rate constants. A linear dependence between the true entropy and the enthalpy of the viscous flow in the researched systems is found, which allowed us to determine the isokinetic temperature, calculate the transmission coefficient, draw a conclusion about the mechanisms of bond formation in the reaction centers of active complexes, and estimate the vibration energy of those bonds.