

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЧЕТВЕРТИННИХ АМОНІЄВИХ СОЛЕЙ – ІОННИХ РІДИН НОВОГО ТИПУ В ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ РІДКИХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ ДЛЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ**

**ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ**

Досліджено можливість застосування іонних рідин на основі четвертинних амонієвих солей – похідних морфоліну – як компонентів чутливих сонячних батарей.

У сучасних технологіях актуальним є розробка альтернативних видів енергії за рахунок перетворення сонячного електромагнітного випроміння у електричний струм – сонячні батареї. Виробництво сонячних батарей розвивається швидкими темпами у різних напрямах.

Попередніми дослідженнями встановлено, що нові сонячні батареї з шаром інкапсульованих наочасток та іонних рідин (ІР) високої провідності мають високу ефективність конверсії.

Відомо створення ефективної модельної системи сонячних комірок у присутності бісфункціональних четвертинних амонієвих солей на основі похідних морфоліну з високою іонною провідністю ( $10^{-2}$ – $10^{-1}$  См·см $^{-1}$ ), здатних працювати у діапазоні температур від 15°C до 30°C.

Раніше [1–3] описано синтез четвертинних амонієвих солей – похідних морфоліну (ЧАСМ). Виявлено, що термічно стабільні ЧАСМ є ІР нового типу, що розчинні у воді, органічних розчинниках (метилен хлориді, спиртах, аprotонних розчинниках). Встановлено, що синтезовані ІР мають температуру склування у діапазоні від –110°C до 65°C та високу іонну провідність  $\sim 10^{-3}$ – $10^{-4}$  См·см $^{-1}$ . Тобто у всіх випадках спостерігається значно більша (ефективніша) порівняно з раніше відомими сполуками [4,5] іонна провідність на два порядки нижче при значно меншій температурі склування.

В основу наступних досліджень поставлено задачу дослідження можливості застосування ІР на основі монофункціональних ЧАСМ в якості компонентів для чутливих сонячних комірок, здатних працювати в діапазоні температур від 15°C до 50°C, з високою іонною провідністю за рахунок структури об'ємних органічних катіонів і непорядкованих аніонів ІР.

### **Експериментальна частина**

Предметом дослідження було обрано ІРЧАСМ (таблиця). Раніше [6–7] встановлено, що термостабільні ІРЧАСМ здатні працювати у діапазоні температур від 15–50°C за рахунок структури їх катіонної та аніонної частини. Так, для ІРЧАСМ з аніоном хлору та брому такий діапазон

зон температур складає 20–30°C; для ІРЧАСМ з аніоном йоду – 15–50°C (винятком є С-3-1\* робоча температура до 45°C).

В якості модельної системи прототипу сонячних комірок було обрано систему KI/I<sub>2</sub> у співвідношенні 10/1 [8]. В якості компонентів для модельної системи – ІРЧАСМ у співвідношенні 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1 до системи KI/I<sub>2</sub>. З метою досягнення більш реальної системи чутливих сонячних комірок до системи KI/I<sub>2</sub> додавали заміщені ІРЧАСМ з аніоном йоду.

Кондуктометричним методом на кондуктометрі CYBERCAN CON 1500 визначали іонну провідність модельної і реальної системи чутливих сонячних комірок. Вивчення іонної провідності модельної і реальної системи чутливих сонячних комірок виконували у діапазоні температур 15–50°C. Молярну іонну провідність досліджуваних модельної і реальної системи чутливих сонячних комірок розраховували згідно з [9].

### **Обговорення результатів експерименту**

Кондуктометрія є одним з найбільш розповсюдженіх методів для дослідження асоціації іонів у розчині. Відомо [10], що цей метод дозволяє з достатньо великою точністю визначити ступінь дисоціації. Це обумовлено залежністю явища провідності від процесів взаємодії іонних пар з молекулами розчинника. Однак, у деяких роботах [11] автори вказують на взаємодію молекул води з іоном амонієвої сполуки у шарі, що прилягає до цього іона.

Тому в даній роботі нами досліджено питому та молярну іонну провідність системи KI/I<sub>2</sub> і системи KI/I<sub>2</sub> у присутності ІРЧАСМ у діапазоні температур 15–50°C (рис. 1–8).

На рис. 1 наведено концентраційну залежність питомої іонної провідності системи KI/I<sub>2</sub> у присутності ІРЧАСМ. Показано, що максимум питомої іонної провідності припадає для концентрацій компонентів 0,005 моль/л (для ІРЧАСМ з аніоном брому та хлору) та 0,01 моль/л (для ІРЧАСМ з аніоном йоду) у системі KI/I<sub>2</sub>. При подальшому збільшенні концентрації іонних рідин у системі KI/I<sub>2</sub> відбувається зменшення питомої іонної про-

відності системи, пов’язане з утворенням асоційованого стану ІРЧАСМ у системі  $KI/I_2$ .

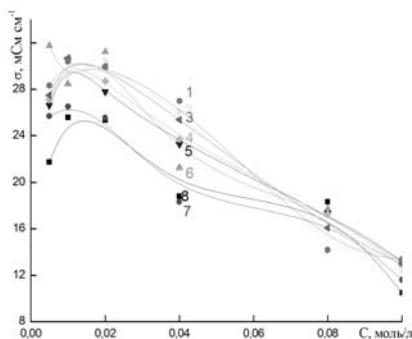


Рис. 1. Концентраційна (С) залежність питомої іонної провідності ( $\sigma$ ) системи  $KI/I_2$  у присутності С-4-2\* при різних температурах,  $^{\circ}\text{C}$ : 1 – 50; 2 – 45; 3 – 40; 4 – 35; 5 – 30; 6 – 25; 7 – 20; 8 – 15

Різке зростання іонної провідності пов’язане зі збільшенням кількості можливих носіїв заряду за рахунок утворення іонних пар або агрегатів. Досягнення максимальної іонної провідності системи  $KI/I_2$  характеризується областю фазового розподілу: молекули добавок викидають частину молекул у розчин, тобто іонна рідина дисоціє. Зменшення питомої іонної провідності системи  $KI/I_2$  при збільшенні концентрації добавки вище оптимальної пов’язане з утворенням асоційованого стану ІРЧАСМ у системі  $KI/I_2$ . Такий висновок ґрутувався на раніше наведених результатах [12].

Криві концентраційної залежності молярної іонної провідності (рис. 2) системи  $KI/I_2$  у присутності ІРЧАСМ носять гіперболоїдний характер. Однак характер кривих не збігається з екстремальним характером кривих концентраційної залежності питомої іонної провідності (рис. 1), що обумовлено дисоціацією ІРЧАСМ у розчині.

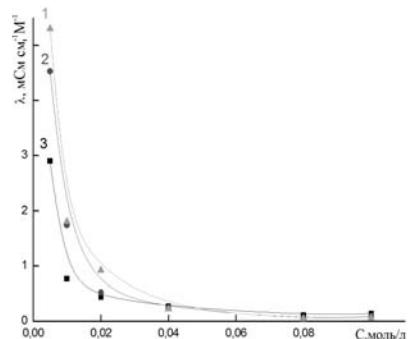


Рис. 2. Концентраційна (С) залежність молярної іонної провідності ( $\lambda$ ) системи  $KI/I_2$  у присутності С-2-2 при різних температурах,  $^{\circ}\text{C}$ : 1 – 30; 2 – 25; 3 – 20

У діапазоні температур 20–30 $^{\circ}\text{C}$  (для ІРЧАСМ з аніоном хлору та брому) та 15–50 $^{\circ}\text{C}$  (для ІРЧАСМ з аніоном йоду) спостерігається зростання питомої іонної провідності модельної

системи  $KI/I_2$  при додаванні досліджуваних ІРЧАСМ у всьому інтервалі розглянутих концентрацій (рис. 3), що не відповідає нахилу кривих температурної залежності питомої іонної провідності ІРЧАСМ. Тобто, при введенні до модельної системи  $KI/I_2$  ІРЧАСМ відбувається, ймовірно, зменшення рухливих носіїв заряду, що призводить до зниження в’язкого стану системи  $KI/I_2$ . Найбільше зростання значень іонної провідності спостерігається при температурі 30 $^{\circ}\text{C}$  (для ІРЧАСМ з аніоном хлору та брому) та 50 $^{\circ}\text{C}$  (для ІРЧАСМ з аніоном йоду). Однак робоча температура експлуатації чутливих сонячних комірок складає 20 $^{\circ}\text{C}$ .

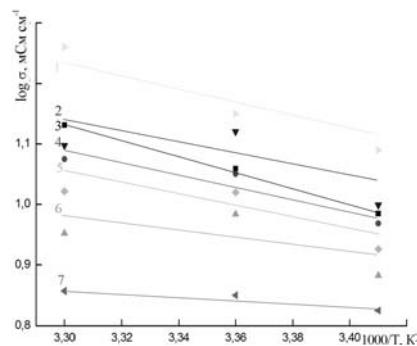


Рис. 3. Температурна (1000/T) залежність питомої іонної провідності ( $\log \sigma$ ) системи  $KI/I_2$  (1) у присутності С-3-3 різної концентрації, моль/л: 2 – 0,04; 3 – 0,005; 4 – 0,01; 5 – 0,08; 6 – 0,02; 7 – 0,1

Для всіх систем  $KI/I_2$  у присутності ІРЧАСМ спостерігається зменшення молярної іонної провідності при зниженні температури (рис. 4). Тобто, температурна залежність молярної іонної провідності прототипу сонячної комірки відповідає рівнянню Арреніуса [12]. Крім того, значення питомої іонної провідності системи  $KI/I_2$  у присутності ІРЧАСМ корелують із значеннями молярної іонної провідності цих систем.

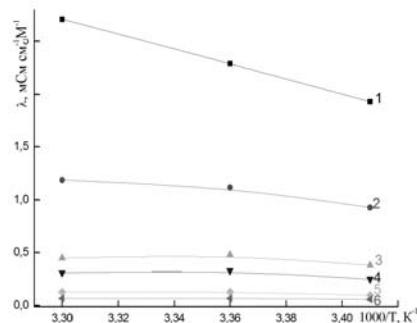


Рис. 4. Арреніусівські криві молярної іонної провідності ( $\lambda$ ) системи  $KI/I_2$  у присутності С-3-3 різної концентрації, моль/л: 1 – 0,005; 2 – 0,01; 3 – 0,02; 4 – 0,04; 5 – 0,08; 6 – 0,1

Границю молярну іонну провідність (таблиця) провідності системи  $KI/I_2$  у присутності ІРЧАСМ визначено методом графічної екстрапо-

ляції до нульової концентрації (рис. 5) [13].

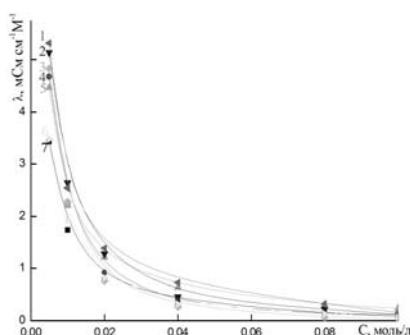


Рис. 5. Концентраційна (C) залежність молярної іонної провідності ( $\lambda$ ) системи KI/I<sub>2</sub> у присутності IPЧАСМ з аніоном йоду при температурі 20°C: 1 – C-6-1\*; 2 – C-4-2\*; 3 – C-6\*; 4 – C-3-3\*; 5 – C-4\*; 6 – C-6-2\*; 7 – C-3-1\*

У таблиці наведено концентраційну залежність ступеня дисоціації IPЧАСМ при температурі 20°C у системі KI/I<sub>2</sub>. Необхідно зазначити, що дисоціація у розчині зростає зі зменшенням концентрації IPЧАСМ у системі прототипу сонячних комірок, тобто збільшення концентрації IPЧАСМ у системі KI/I<sub>2</sub> приводить до руйнування асоціатів. Крім того, заміна аніона хлору та брому на йод у IPЧАСМ значно не впливає на величину ступеня дисоціації.

Найбільша іонна провідність системи KI/I<sub>2</sub> у присутності IPЧАСМ з аніоном хлору та брому складає 22,18  $\text{M}^{-1}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$  та 22,58  $\text{M}^{-1}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$ , а у присутності IPЧАСМ з аніоном йоду – 29,17  $\text{M}^{-1}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$ . На рис. 6 наведена концентраційна залежність питомої іонної провідності системи KI/I<sub>2</sub> у присутності IPЧАСМ при температурі 20°C. Встановлено, що оптимальний склад системи KI/I<sub>2</sub>/IPЧАСМ з аніоном хлору та брому становить 10/1/0,1, а системи KI/I<sub>2</sub>/IPЧАСМ з аніоном йоду становить 10/1/0,05. Порівняльний аналіз температурної залежності іонної провідності модельної системи KI/I<sub>2</sub> у присутності оптимальної концентрації (0,01 моль/л) компоненти (рис. 7–8) показав, що більш суттєві зміни іонної провідності системи прототипу сонячної комірки спостерігаються при введенні IPЧАСМ C-2-2, C-3-3, C-4-2\*.

Попередніми дослідженнями встановлено, що найбільшу іонну провідність 39,87  $\text{M}^{-1}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$  має модельна система KI/I<sub>2</sub>/IP на основі дичетвертинних амонієвих солей – похідних морфоліну з аніоном брому у співвідношенні 10/1/0,1. Визнано іонну провідність (36,46  $\text{M}^{-1}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$ ) реальної системи чутливих сонячних комірок системи KI/I<sub>2</sub>/IP на основі дичетвертинних амонієвих солей – похідних морфоліну з аніоном йоду.

Тобто, ефективність досліджуваної системи KI/I<sub>2</sub>/IP на основі монофункціональних ЧАСМ значно вища, ніж у системи KI/I<sub>2</sub>/IP на основі бісфункціональних ЧАСМ.

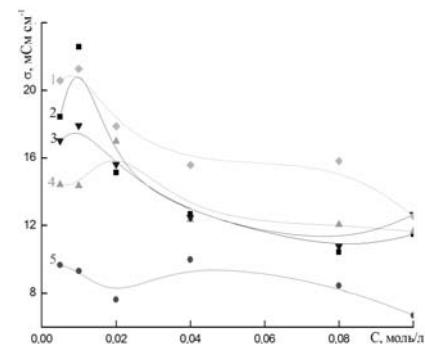


Рис. 6. Концентраційна (C) залежність питомої іонної провідності ( $\sigma$ ) системи KI/I<sub>2</sub> у присутності IPЧАСМ з аніоном брому при температурі 20°C: 1 – C-6; 2 – C-2-3; 3 – C-5-1; 4 – C-4-2; 5 – C-3-3

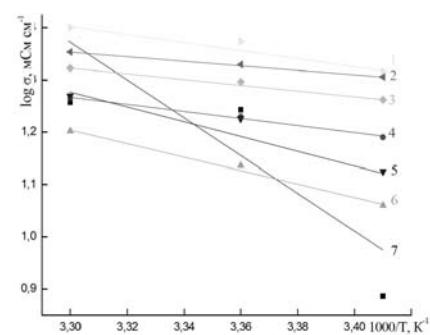


Рис. 7. Температурна (1000/T) залежність питомої іонної провідності ( $\log \sigma$ ) системи KI/I<sub>2</sub> у присутності 0,01 моль/л IPЧАСМ з аніоном хлору: 1 – C-6-2; 2 – C-6-1; 3 – C-5-2; 4 – C-2-4; 5 – C-4; 6 – C-3-1; 7 – C-2-2

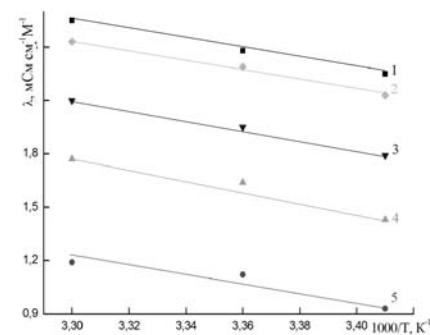


Рис. 8. Ареніусівські криві еквівалентної провідності ( $\lambda$ ) системи KI/I<sub>2</sub> у присутності 0,01 моль/л IPЧАСМ з аніоном брому: 1 – C-2-3; 2 – C-6; 3 – C-5-1; 4 – C-4-2; 5 – C-3-3

Таким чином, IPЧАСМ можна з успіхом застосовувати як компоненти чутливих сонячних батарей.

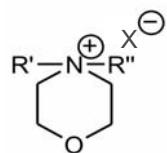
#### Висновки

Досліджено можливість застосування IPЧАСМ як компонентів чутливих сонячних батарей.

Вивчено електрохімічні властивості системи KI/I<sub>2</sub>/IPЧАСМ.

**Застосування четвертинних амонієвих солей – іонних рідин нового типу в якості компонентів рідких**

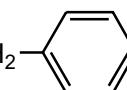
**Електрохімічні властивості (при температурі 20°C) системи KI/I<sub>2</sub> у присутності ІРЧАСМ загальної формулі**



Шифр сполуки	Катіон			Аніон (X)	Концентрація IP (C), моль/л	Гранична молярна іонна провідність ( $\lambda_0$ ), мСм <sup>3</sup> см <sup>-1</sup> М <sup>-1</sup>	Ступінь дисоціації ( $\alpha$ )	Іонна сила ( $\mu$ )
	R	R'	Дніон (X)					
1	2	3	4	5	6	7	8	
C-2-2	$-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	Cl	0,005	4,00	0,73	0,004	
				0,01		0,19	0,002	
				0,02		0,11	0,002	
				0,04		0,07	0,003	
				0,08		0,03	0,002	
				0,1		0,04	0,004	
C-2-3	$-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2\text{-CH=CH}_2$	Br	0,005	4,85	0,76	0,004	
				0,01		0,46	0,005	
				0,02		0,15	0,003	
				0,04		0,06	0,002	
				0,08		0,03	0,002	
				0,1		0,02	0,002	
C-2-4	$-\text{CH}_3$	$-\text{CH}_2\text{-}\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \end{array}$	Cl	0,005	2,90	0,79	0,004	
				0,01		0,52	0,005	
				0,02		0,27	0,005	
				0,04		0,12	0,005	
				0,08		0,08	0,006	
				0,1		0,06	0,006	
C-3-1	$-\text{CH}_2\text{-}\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \end{array}$	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	Cl	0,005	3,00	0,77	0,004	
				0,01		0,38	0,004	
				0,02		0,18	0,004	
				0,04		0,08	0,003	
				0,08		0,04	0,003	
				0,1		0,03	0,003	
C-3-3	$-\text{CH}_2\text{-}\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \end{array}$	$-\left(\text{CH}_2\right)_3\text{CH}_3$	Br	0,005	2,75	0,70	0,004	
				0,01		0,34	0,003	
				0,02		0,14	0,003	
				0,04		0,09	0,004	
				0,08		0,04	0,003	
				0,1		0,02	0,002	
C-4	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	Cl	0,005	4,50	0,64	0,003	
				0,01		0,30	0,003	
				0,02		0,17	0,003	
				0,04		0,10	0,004	
				0,08		0,05	0,004	
				0,1		0,04	0,004	
C-4-2	$-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	$-\text{CH}_2\text{-CH=CH}_2$	Br	0,005	3,90	0,74	0,004	
				0,01		0,37	0,004	
				0,02		0,22	0,004	
				0,04		0,08	0,003	
				0,08		0,04	0,003	
				0,1		0,03	0,003	

1	2	3	4	5	6	7	8
C-5-1	$\text{--} \left( \text{CH}_2 \right)_3 \text{CH}_3$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}=\text{CH}_2$	Br	0,005	4,75	0,72	0,004
				0,01		0,38	0,004
				0,02		0,16	0,003
				0,04		0,07	0,003
				0,08		0,03	0,002
				0,1		0,03	0,003
C-5-2	$\text{--} \left( \text{CH}_2 \right)_3 \text{CH}_3$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{OH}$	Cl	0,005	5,50	0,69	0,003
				0,01		0,33	0,003
				0,02		0,17	0,004
				0,04		0,09	0,004
				0,08		0,04	0,003
				0,1		0,03	0,003
C-6	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}=\text{CH}_2$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}=\text{CH}_2$	Br	0,005	5,85	0,70	0,004
				0,01		0,36	0,004
				0,02		0,15	0,003
				0,04		0,07	0,003
				0,08		0,03	0,002
				0,1		0,02	0,002
C-6-1	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}=\text{CH}_2$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{OH}$	Cl	0,005	4,00	0,74	0,004
				0,01		0,50	0,005
				0,02		0,28	0,006
				0,04		0,13	0,005
				0,08		0,07	0,006
				0,1		0,05	0,005
C-6-2	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}=\text{CH}_2$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{C}_6\text{H}_5$	Cl	0,005	6,00	0,71	0,004
				0,01		0,35	0,004
				0,02		0,16	0,003
				0,04		0,08	0,003
				0,08		0,03	0,002
				0,1		0,03	0,003
C-3-1*	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{C}_6\text{H}_5$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{OH}$	I	0,005	4,90	0,70	0,004
				0,01		0,36	0,004
				0,02		0,16	0,003
				0,04		0,08	0,003
				0,08		0,03	0,002
				0,1		0,02	0,002
C-3-3*	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{C}_6\text{H}_5$	$\text{--} \left( \text{CH}_2 \right)_3 \text{CH}_3$	I	0,005	6,50	0,72	0,004
				0,01		0,35	0,004
				0,02		0,14	0,003
				0,04		0,05	0,002
				0,08		0,02	0,002
				0,1		0,02	0,002
C-4*	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{OH}$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{OH}$	I	0,005	6,00	0,75	0,004
				0,01		0,37	0,004
				0,02		0,20	0,004
				0,04		0,11	0,004
				0,08		0,05	0,004
				0,1		0,04	0,004
C-4-2*	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{OH}$	$\text{--} \text{CH}_2 \text{--} \text{CH}=\text{CH}_2$	I	0,005	7,50	0,69	0,003
				0,01		0,35	0,004
				0,02		0,17	0,003
				0,04		0,06	0,002
				0,08		0,03	0,002
				0,1		0,02	0,002

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8
C-6*	$\text{—CH}_2\text{-CH=CH}_2$	$\text{—CH}_2\text{-CH=CH}_2$	I	0,005	6,75	0,72	0,004
				0,01		0,34	0,003
				0,02		0,11	0,002
				0,04		0,04	0,002
				0,08		0,009	0,001
				0,1		0,006	0,001
C-6-1*	$\text{—CH}_2\text{-CH=CH}_2$	$\text{—CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	I	0,005	7,75	0,69	0,003
				0,01		0,33	0,003
				0,02		0,18	0,004
				0,04		0,09	0,004
				0,08		0,04	0,003
				0,1		0,02	0,002
C-6-2*	$\text{—CH}_2\text{-CH=CH}_2$	$\text{—CH}_2\text{—}$ 	I	0,005	5,15	0,68	0,003
				0,01		0,37	0,004
				0,02		0,16	0,003
				0,04		0,06	0,002
				0,08		0,03	0,002
				0,1		0,01	0,001

Встановлено, що найбільшу іонну провідність  $22,18 \text{ мСм}\cdot\text{см}^{-1}$  та  $22,58 \text{ мСм}\cdot\text{Чсм}^{-1}$  має модельна система  $\text{KI}/\text{I}_2/\text{IPЧАСМ}$  з аніоном хлору та брому (C-2-2 та C-3-3) у співвідношенні 10/1/0,01.

Визначено іонну провідність ( $29,17 \text{ мСм}\cdot\text{см}^{-1}$ ) реальної системи чутливих сонячних комірок системи  $\text{KI}/\text{I}_2/\text{IPЧАСМ}$  з аніоном йоду (C-4-2\*).

Виявлено, що ефективність досліджуваної системи  $\text{KI}/\text{I}_2/\text{IP}$  на основі монофункціональних ЧАСМ значно вища, ніж у системи  $\text{KI}/\text{I}_2/\text{IP}$  на основі бісфункціональних ЧАСМ. Тобто, у всіх випадках спостерігається практично однакова порівняно з раніше відомими системами іонна провідність при значно (у 10 раз) меншій концентрації доданих компонент у системі.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Пат. 91296 України, МПК Н 01М 6/16, Н 01 М 10/36, Н 01 G 9/022, С 07 D 295/037, С07 D 295/088. Застосування іонних рідин на основі четвертинних амонієвих солей – похідних морфоліну як компонентів рідких і полімерних електролітів для електрохімічних пристрій / Свердліковська О.С., Шапка В.Х., Бурмістр М.В. – № а 2009 01549; Заявл. 23.02.2009; Опубл. 27.07.2009, Бюл. №14. – 6 с.
- Пат. 88432 України, МПК Н 01 М 6/16, Н 01 М 10/36, Н 01 G 9/022, С 07 D 295/037, С 07 D 295/088. Застосування четвертинних амонієвих солей – похідних морфоліну як компонентів рідких і полімерних електролітів для електрохімічних пристрій / Свердліковська О.С., Шапка В.Х., Бурмістр М.В. – № а 2009 01546; Заявл. 23.02.2009; Опубл. 27.07.2009, Бюл. №14. – 6 с.
- Свердліковська О.С., Бурмістр М.В., Шапка В.Х. Синтез четвертичних аммонієвих солей – производных

морфоліна / Вопр. химии и хим. технологии. – 2009. – № 2. – С.60-64.

4. *Dendrite-free electrochemical deposition of Li–Na alloys from an ionic liquid electrolyte* / K.P. Doyle, C.M. Lang, K. Kim, P.A. Kohl // J. Electrochem. Soc. – 2006. – Vol.153. – № 7. – P.1353-1357.

5. *Yoshizawa M., Narita A., Ohno H. Ionic liquids // Australian J. Chem.* – 2004. – Vol.57. – № 2. – P.139-144.

6. Свердліковська О.С., Бурмістр М.В., Шапка В.Х. Іонні рідини на основі четвертинних амонієвих солей – похідних морфоліну / Вопр. химии и хим. технологии. – 2011. – № 2. – С.53-58.

7. Свердліковська О.С., Бурмістр М.В. Перспективні іонні рідини на основі похідних морфоліну з аніоном йоду / Вопр. химии и хим. технологии. – 2012. – № 3. – С.69-72.

8. Пат. 2009/0203164 A1 США, МПК H01L 51/48. Electrolyte composition for dye-sensitized solar call, dye-sensitized solar call including same, and method of preparing same / Moon-Sung Kang, Ji-Won Lee, Kwang-Soon Ahn (США). – Заявл. 17.11.2006; Опубл. 13.08.2009. – 8 с.

9. Ионные жидкости в электрохимических процессах / О.К. Лебедева, Д.Ю. Кульгин, Л.М. Кустов, С.Ф. Дунаев // Журн. рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. – 2004. – Т. XLVIII. – № 6. – С.59-72.

10. Измайлова Н.А. Электрохимия растворов. – М.: Химия, 1976. – 123 с.

11. Кудрявцева И.В., Мищенко К.П., Полторацкий Г.М. Ионная жидкость / Техническая электрохимия. – 1968. – № 4. – 468 с.

12. Wasserscheid P., Welton T. Ionic liquids in synthesis // Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KgaA. – 2002. – P.103-126.

13. Ермаков В.И., Атанасянц А.Г. Итоги науки. Электрохимия. – М.: ВИНИТИ, 1970. – 65 с.

Надійшла до редакції 9.01.2013