

Ю. О. Плевачук¹, В. М. Склярчук¹, І. І. Штаблавий¹, Н. В. Файдюк², Р. Н. Савчук²¹ Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів² Інститут загальної та неорганічної хімії імені В. І. Вернадського НАН України, Київ**ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІОННОЇ РІДИННОЇ СИСТЕМИ,
ЩО УТВОРИЛАСЬ ПІСЛЯ ПЛАВЛЕННЯ ЕВТЕКТИКИ NaF–LiF–LaF₃**

Представлено результати експериментального дослідження в'язкості, електропровідності, термоелектрорушійної сили в інтервалі температур (580 ÷ 800) °С іонної рідинної суміші, що утворилася після плавлення евтектики NaF–LiF–LaF₃. Знайдено, що за температури (675 ± 5) °С термоелектрорушійна сила іонної суміші змінює знак на протилежний, що корелює зі зміною характеру температурної залежності в'язкості вказаної системи. Показано, що за температури (750 ± 5) °С спостерігається пік температурної залежності електропровідності рідинної іонної суміші. Результати роботи можуть бути використані при підборі бланкета для рідинносольових реакторів.

Ключові слова: рідинносольові реактори, бланкет, фториди металів, електропровідність, в'язкість, термоелектрорушійна сила, іонні рідини.

Вступ

Сучасна ядерна енергетика нового покоління, яка покликана усунути поширення технології одержання збройових ізотопів, а також радіоактивного забруднення навколишнього середовища, передбачає розробку шести типів реакторів четвертого покоління, чинне місце серед яких займають реактори-трансмутатори, що створюються для глибокого випалювання збройових ізотопів та знищення радіоактивних відходів шляхом керованої прискорювачем трансмутації довгоживучих радіонуклідів [1]. Придатним середовищем для реалізації такої трансмутації є розплавлені сольові паливні суміші, які й дали назву одному з типів реакторів четвертого покоління – рідинносольові реактори [2]. При цьому за носії ядерного палива рекомендують обирати суміші фторидів металів, що мають незначні повні перерізи захвату теплових нейтронів.

Під час роботи рідинносольових реакторів відбувається безперервна зміна складу паливної суміші (бланкета), що зумовлена накопиченням продуктів трансмутації актинідів та корозією конструктивних матеріалів, серед яких фториди рідкоземельних елементів, фторидні сполуки перехідних, лужних та лужноземельних елементів та ін. Зауважимо, що перевагою у використанні рідинносольових реакторів є висока розчинність сполук урану та торію в розплавах фторидних солей металів, суміші яких мають досить низькі температури плавлення.

Основу бланкета рідинносольових реакторів можуть становити фториди лужних металів – літію та натрію, фазові діаграми подвійних систем LiF–LaF₃ і NaF–LaF₃ за участю яких дослі-

джені в роботі [3]. Фазові діаграми та фізичні властивості потрійних систем NaF–LiF–LaF₃, що можуть існувати в бланкеті рідинносольових реакторів, на сьогодні майже не досліджені.

Метою даної роботи є вивчення фізичних властивостей рідинної системи, що утворилася після плавлення евтектики NaF–LiF–LaF₃.

Дана робота є продовженням вивчення фізико-хімічних властивостей розплавлених фторидних сольових сумішей за участю фторидів лужних металів та рідкоземельних елементів. Раніше було показано [4], що система NaF–LiF–LaF₃ характеризується наявністю двох потрійних неваріантних точок: евтектики (мол. %) NaF(44,0)–LiF(42,0)–LaF₃(14,0) з температурою плавлення 580 ± 2 °С та перитектики (мол. %) NaF(45,0)–LiF(39,0)–LaF₃(16,0) з температурою плавлення 595 ± 2 °С. Методом високотемпературної рентгенівської дифрактометрії було встановлено, що основу потрійної евтектики системи NaF–LiF–LaF₃ у кристалічному стані в інтервалі температур (25 ÷ 550) °С становлять NaLaF₄ з інконгруентним характером плавлення, а також LiF, NaF [5].

Методи дослідження та матеріали

На відміну від експериментальних досліджень атомарних, молекулярних рідин та рідинних систем, дослідження іонних та іонно-електронних рідин [6] пов'язано із значними труднощами. У першу чергу це зумовлено високими температурами й тисками, при яких проводяться вимірювання. Крім того, розплави фторидних сольових сумішей є агресивними, що викликає корозію вимірювальних комірок, конструкційних елементів, електронзондів, особливо за температур,

вищих за 1000 °С [7, 8]. Істотними також є проблеми, пов'язані з високою токсичністю, швидким окисленням досліджуваних зразків і високим тиском їхніх насичених парів [9]. Однією з основних проблем експериментальних досліджень розплавів за високих температур є забезпечення стабільності хімічного складу досліджуваного розплаву. З метою уникнення таких негативних явищ, як кипіння та випаровування, що призводить до порушення стехіометрії, вимірювання проведено під надлишковим тиском аргону [10].

Для вивчення фізичних властивостей, а саме в'язкості, електропровідності та термоелектрорушійної сили іонної рідинної суміші, що утворилася після плавлення евтектики NaF–LiF–LaF₃, ми виготовили відповідний зразок. Для синтезу зразка були використані фториди натрію, літію («х.ч.»), трифторид лантану («ч.»). Склад виготовленого зразка (мол. %) NaF(42)–LiF(44)–LaF₃(14). У процесі виготовлення зразків заздалегідь розраховані наважки вихідних компонен-

тів системи ретельно перетирали в агатовій ступці, після чого суміш переносили в платиновий тигель і плавили за 800 °С протягом (60 ÷ 70) хв в атмосфері аргону.

Для дослідження електропровідності та термоелектрорушійної сили іонної рідинної суміші, що утворилася після плавлення евтектики LiF–NaF–LaF₃, нами проведено експеримент на установці з камерою високого тиску, яка раніше успішно використовувалась для дослідження електропровідності та термоелектрорушійної сили іонно-електронних рідин і іонно-електронних розчинів та детально описана в [11]. У зв'язку з цим ми зупинимося лише на процедурі вимірювання. Для комплексних вимірювань електропровідності σ (відносна похибка до 2 %) і термоелектрорушійної сили S (відносна похибка до 5 %) досліджуваного розплаву під тиском аргону в широкому інтервалі температури ми використали багатозонні комірки з нітриду бору з графітовими електродами (рис. 1).

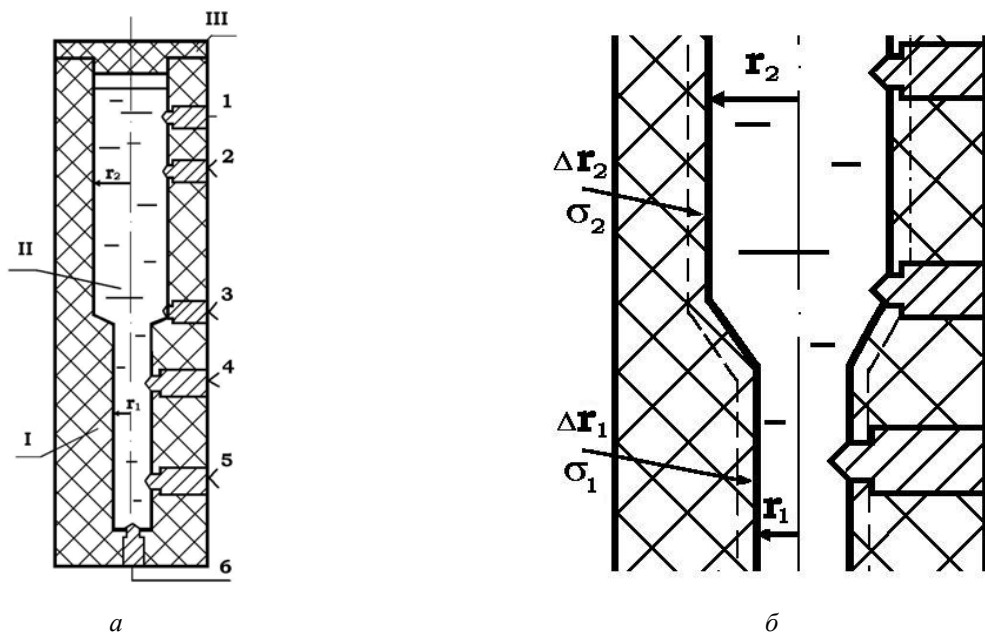


Рис. 1. Дворадіусна комірка з нітриду бору для дослідження електропровідності та термоелектрорушійної сили сильноагресивних розплавів: *a* – I – керамічний контейнер; II – розплав; III – кришка; 1 – 6 – електроди; *б* – схематичне пояснення збільшення ефективного радіуса комірки.

Застосування такої комірки дає можливість вилучити ту складову похибки вимірювання електропровідності σ , яка виникає внаслідок проникнення досліджуваного розплаву в керамічний корпус вимірювальної комірки. Під час високо-температурних досліджень хімічно агресивних рідинних іонних сумішей, яким є розплав NaF–LiF–LaF₃, на внутрішній поверхні вимірювальної комірки формується провідний шар як наслідок дифузії розплаву в кераміку. Формування провідного шару можна розглядати як певне ефективне збільшення радіуса досліджуваного зразка на

величину Δr . Отже, спад напруги U_{ij} на ділянці зразка між i та j електродами, при площі поперечного перерізу комірки $s = \pi(r + \Delta r)^2$, довжині l_{ij} та при силі струму I набуває вигляду $U_{ij} = I\sigma^{-1}l_{ij}/\pi(r_i + \Delta r)^2$, де r_i – радіус її зони. Проводячи вимірювання між можливими парами зондів, отримуємо систему рівнянь

$$U_{ij} = \sigma^{-1} \cdot I \cdot K_{ij} + U_i + U_j + U_0, \quad (1)$$

де σ^{-1} – шукане значення електропровідності; K_{ij} – геометричний фактор; U_0 – паразитний си-

гнал вимірювального приладу; U_i ($U_i = U_j$ при $i = j$) – паразитний сигнал, що наводиться в електричному колі "i-зонд – прилад". Далі зі системи рівнянь (1) аналітично вилучаємо складову похибки, що зумовлена ефективним збільшенням радіуса комірки й отримуємо при цьому шукане значення σ .

Вимірювання термоелектрорушійної сили нами виконано за стандартною методикою [11] внаслідок створення різниці температури $(10 \div 20)^\circ\text{C}$ уздовж зразка. Вимірювання температури проводили за допомогою вольфрам-ренієвих термопар, причому один з термоелектродів термопари використовували при вимірюванні термоелектрорушійної сили. Оскільки у випадку високотемпературних досліджень іонних рідинних систем безпосередній контакт термопари зі зразком неможливий унаслідок агресивності останнього, то ми використовували захисну оболонку для термопари з графіту. З метою зведення температурного градієнта до мінімуму товщина такого проміжного шару з графіту повинна бути якнайменшою. Зазначимо, що спай термопари повинен перебувати в об'ємі графіту, що також необхідно для виконання закону проміжних металів.

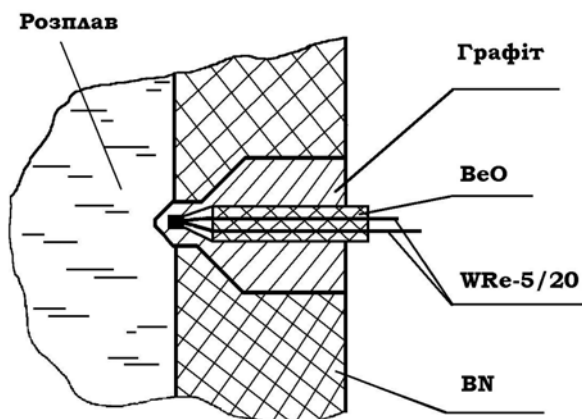


Рис. 2. Схема під'єднання термопари до графітового електрода.

В експерименті використовували термопари WRe5/20, впресовані в графітові електроди комірки (рис. 2). За допомогою цих термопар ми проводили вимірювання температури, а окремі електроди WRe20 використовували як потенціальні зонди у випадку вимірювання електропровідності. Набір термопар для кожного експерименту виготовляли з термоелектродів однієї партії, причому під час виготовлення термопар її «гарячі» термопари були спрямовані в один бік відносно напрямку витяжки дроту. Це дало змогу частково компенсувати похибки, пов'язані з анізотропією термоелектричних властивостей вольфрам-ренієвих сплавів [12].

У високотемпературній зоні термопара була захищена керамічною трубкою з окису берилію і змонтована так, щоб температура на спаях відповідала температурі зразка (див. рис. 2). «Холодні» кінці термопари були термостатовані за температури танення льоду. Як подовжувальні проводи використовували компенсаційний екранований кабель.

З метою визначення коефіцієнта термоелектрорушійної сили $S(T)$ розплавлених фторидних сольових сумішей уздовж робочої зони комірки створювали різницю температур $\sim(10 \div 20)$ К. Розподіл температури вздовж гомогенного зразка, як впливає із закону Магнуса [12], може бути довільним. Поміж кожними двома вольфрам-ренієвими термопарами вимірювали термоелектрорушійну силу ΔU_5 і ΔU_{20} у двох електричних колах WRe5 – зразок – WRe5, а також WRe20 – зразок – WRe20. У результаті проведеного експерименту отримуємо систему двох рівнянь:

$$U_5 = (S_x - S_5)(T_2 - T_1), \quad (2)$$

$$U_{20} = (S_x - S_{20})(T_2 - T_1),$$

де S_5 і S_{20} – коефіцієнти термоелектрорушійної сили сплавів WRe5 і WRe20. Для обчислення значення коефіцієнта термоелектрорушійної сили за середньої температури $(T_1 + T_2)/2$ достатньо розв'язати систему (2) відносно S_x :

$$S_x = \frac{\Delta U_{20} S_5 - \Delta U_5 S_{20}}{\Delta U_{20} - \Delta U_5}. \quad (3)$$

Така методика знаходження термоелектрорушійної сили вилучає з розгляду значення температур T_1 і T_2 , що спрощує обробку даних, а також вилучає похибки, які зумовлені похибками визначення абсолютних значень температур T_1 і T_2 [6, 7].

Вивчення температурної залежності в'язкості рідинної суміші, що утворюється після плавлення евтектики LiF–NaF–LaF₃ проводилось за допомогою віскозиметра згасаючих крутильних коливань циліндра [13], який заповнювався досліджуваною іонною рідинною сумішшю. Логарифмічний декремент затухання і період коливань визначали візуальним спостереженням за рухом відбитого променя світла від дзеркала, що знаходиться на підвісній системі.

Співвідношення між параметрами коливання та в'язкістю можна отримати, розв'язуючи рівняння руху вільних згасаючих коливань

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + L(\eta) \frac{d\varphi}{dt} + k\varphi = 0, \quad (4)$$

де I – момент інерції коливної системи; φ – кут коливання; k – стала кручення; $L(\eta)$ – елемент тертя, що залежить від геометрії зразка, його густини і в'язкості. $L(\eta)$ можна знайти, розв'язуючи рівняння Нав'є - Стокса [14].

При дослідженні в'язкості розплав евтектики LiF–NaF–LaF₃ розміщувався в графітовому тиглі. З метою запобігання можливості випаровування досліджуваної іонної рідинної системи тигель герметично закривався кришкою і розміщався в камері з надлишковим тиском аргону. Кожне вимірювання в'язкості за допомогою згасаючих коливань супроводжувалось визначенням логарифмічного декременту затухання δ і періоду коливань τ , які визначались за формулами [13]

$$\delta = \left(\frac{1}{n}\right) \ln \left(\frac{A_0}{A_n}\right), \quad (5)$$

$$\tau = t / n, \quad (6)$$

де n – кількість коливань; A_0 – початкова амплітуда коливань тигля з розплавом; A_n – амплітуда n -го коливання системи з іонною рідинною сумішшю; t – час n коливань. Отримані в такий спосіб експериментальні дані були використані для розрахунку в'язкості іонної сольової суміші в інтервалі температур (580 ÷ 800) °C. Зауважимо, що розрахунок в'язкості рідинної суміші за допомогою дослідження логарифмічного декременту затухання та періоду коливань крутильно-маятника є досить складним. Нині розроблено чимало моделей розрахунку в'язкості за даними таких вимірювань. Найпоширеніші з них є методи, що були запропоновані [14 - 16]. У даній роботі, з огляду на геометрію зразка, було використано метод Швидковського [16]. У разі використання вказаного методу вимірювання загальна відносна похибка вимірювання в'язкості становила ~5 %.

Результати експерименту та їхнє обговорення

Експериментальні значення термоелектрорушійної сили, в'язкості, електропровідності іонного розплаву NaF–LiF–LaF₃ було отримано в атмосфері аргону та інтервалі температур від температури плавлення, що становила $T_{пл} = (580 \pm 2)$ °C, до 800 °C.

На рис. 3 представлено експериментальні дані про величину термоелектрорушійної сили досліджуваного зразка, де квадратами позначено експериментальні точки, а лініями – лінії апроксимації, які було отримано методом найменших квадратів у припущенні, що експериментальні

дані в інтервалі температур (560 ÷ 670) °C та (680 ÷ 780) °C можна описати лінійними залежностями. Аналіз рис. 3 показує, що при температурі (675 ± 5) °C термоелектрорушійна сила змінює знак. Від'ємний знак коефіцієнта термоелектрорушійної сили у твердому стані евтектики NaF–LiF–LaF₃ та в рідкому стані в інтервалі температур (580 ÷ 670) °C свідчить про те, що рухливість негативних іонів більша, ніж позитивних. Зміна знака термоелектрорушійної сили при (675 ± 5) °C свідчить про те, що за цієї температури змінюється механізм переносу заряду і домінуючий внесок у термоелектрорушійну силу при $T > 680^\circ$ дають позитивно заряджені іони La³⁺.

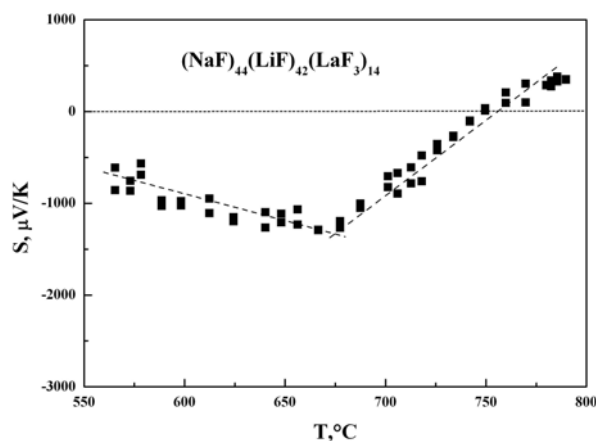
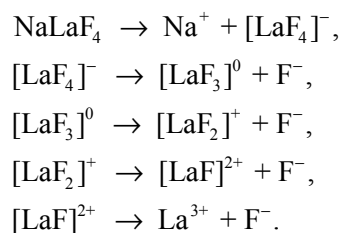


Рис. 3. Температурна залежність термоелектрорушійної сили.

Таку поведінку термоелектрорушійної сили можна пояснити тим, що в розплаві утворюється не дуже стійка комплексна сполука NaLaF₄, яка має ступінчатий характер дисоціації:



Зміна знака термоелектрорушійної сили з негативного на позитивний за температури (675 ± 5) °C, на нашу думку, пов'язана з тим, що в іонній рідинній суміші вищевказаної температури вже не існує сполуки NaLaF₄, а є лише вихідні компоненти суміші NaF, LiF, LaF₃.

Про складні процеси ступінчастої дисоціації, що відбуваються в зразку в інтервалі температур (580 ÷ 675) °C, на нашу думку, свідчить і значний розкид експериментальних точок в інтервалі температур (580 ÷ 675) °C.

Результати експериментальних досліджень в'язкості представлено на рис. 4, де квадратами

позначено експериментальні точки, а суцільними лініями – лінії апроксимації експериментальних даних.

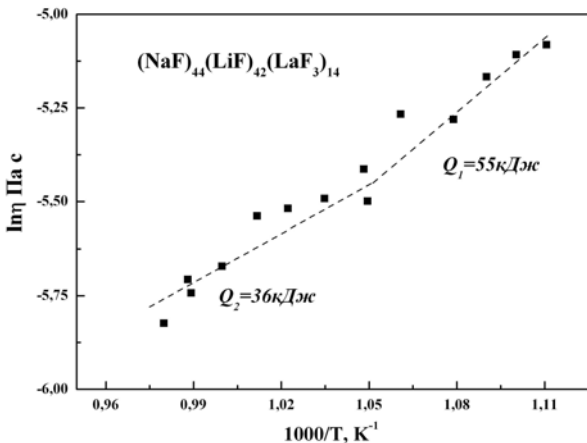


Рис. 4. Температурна залежність в'язкості.

Експериментальні дані оброблялися за допомогою рівняння Ареніуса

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{W/kT}, \quad (7)$$

де W – енергія активації в'язкої течії.

Аналіз рис. 4 показує, що за температури, коли внаслідок багатоступінчастого процесу дисоціації зникають комплексні сполуки NaLaF_4 , відбувається і зміна температурної залежності в'язкості іонної рідинної суміші. Це пов'язано зі зміною ефективної енергії активації в'язкої течії, що відбулась унаслідок зміни складу досліджуваної суміші. До температури $(575 \pm 5)^\circ\text{C}$ в іонній рідинній системі, яка утворилася після плавлення евтектики NaF-LiF-LaF_3 , наявна сполука NaLaF_4 , що визначає вищу енергію активації в'язкої течії $W_1 = 55$ кДж. У разі подальшого підвищення температури сполука NaLaF_4 повністю дисоціює. Це призводить до зменшення енергії активації до $W_2 = 36$ кДж.

Таким чином, характер температурної залежності в'язкості в розплаві евтектики NaF-LiF-LaF_3 свідчить про те, що процес трансформації структури зразка і хімічних зв'язків не закінчується в точці плавлення, а поширюється на інтервал температур $\sim 100^\circ\text{C}$ в область рідкої фази.

Результати вимірювання електропровідності зразка представлено на рис. 5 (область плавлення і рідка фаза). Як бачимо, в області плавлення електропровідність майже не змінюється і зростає зі зростанням температури. В області температури 750°C електропровідність досягає максимальних значень. Подальше підвищення температури приводить до її зменшення. При цьому абсолютні значення електропровідності як у рідкому, так і в твердому станах є досить низькими і

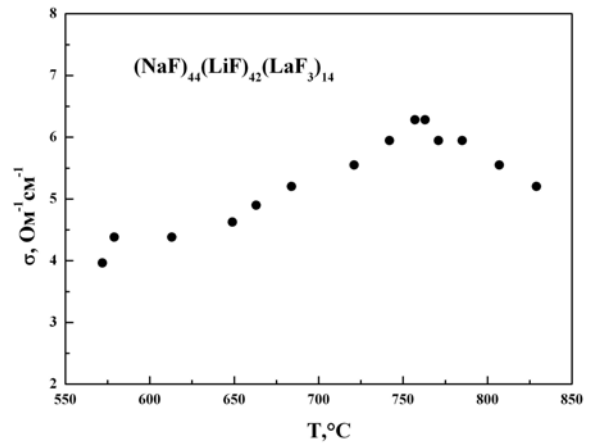


Рис. 5. Температурна залежність електропровідності.

добре узгоджуються зі значеннями електропровідності іонних рідин [17]. Незначна зміна електропровідності під час плавлення свідчить про відсутність радикальних змін у характері провідності. Зростання провідності в рідкому стані зумовлено, очевидно, як зростанням концентрації носіїв заряду, так і їхньої рухливості. Зменшення провідності з ростом температури (після 750°C) можна пояснити зменшенням рухливості носіїв заряду за рахунок зростання їхнього розсіювання на іонах. У рідкому стані ці обидва протилежні чинники (зростання концентрації і рухливості, а також зменшення рухливості за рахунок зростання розсіювання) присутні, причому в першому температурному діапазоні $(580 \div 750)^\circ\text{C}$ домінуючим є один, а в другому $(T > 750^\circ\text{C})$ – інший механізм провідності. Аномальну температурну залежність електропровідності іонної рідинної суміші NaF-LiF-LaF_3 вище 750°C можна також пояснити виродженням електровалентних зв'язків, іншими словами – зменшенням ступеню їхньої електричної дисоціації [18]. Звертає на себе увагу і той факт, що температура, за якої відбувається зміна температурної залежності електропровідності з нормальної для іонних рідин на аномальну, збігається з температурою зникнення першого піка структурного фактора, що зафіксовано в роботі [5]. Існують спроби пояснити існування першого піка структурного фактора та його зникнення при збільшенні температури для розплавів галогенідів [19 - 21]. Зауважимо, що в першу чергу ці спроби пов'язані з наявністю локальних неоднорідностей у таких іонних рідинних системах на відстанях, що перевищують міжатомні.

Таким чином, проведені дослідження в'язкості, електропровідності та термоелектрорушійної сили іонної рідинної системи, що утворилася після плавлення евтектики NaF-LiF-LaF_3 , дають узгоджені між собою результати, які вказують на те, що після плавлення вказаної евтектики в іонній

рідинній суміші відбуваються складні процеси, пов'язані зі ступінчастою дисоціацією сполуки NaLaF₄. Дослідження таких процесів і їхнього впливу на електропровідність, в'язкість, термо-

електрорушійну силу важливі при виборі сольової паливної суміші для реакторів четвертого покоління – рідинносольових реакторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патон Б.С., Бакай О.С., Бар'яхтар В.Г., Неклюдов І.М. Про стратегію розвитку ядерної енергетики в Україні // Х.: ННЦ Харківський фізико-технічний ін-т НАН України, 2008. - 62с.
2. Яковлев Г.Н., Мясоєдов Б.Ф., Духовенская Л. Д., Силин В. И. Некоторые вопросы химии жидкосольевых реакторов. - М.: Атомиздат, 1978. - 273 с.
3. Федоров П.П. Системы фторидов щелочных и редкоземельных элементов // Журн. неорг. химии. - 1999. - Т. 44, № 11. - С. 1792 - 1818.
4. Savchuk R., Faidyuk N. Investigation of the Interaction of Components in the System NaF-LiF-LaF₃ // J. ECS Transact. - 2010. - Vol. 33, No. 7. - P. 311 - 319.
5. Сокольский В.Э., Роик А.С., Казимиров В.П. и др. Рентгенофазовый анализ эвтектика NaF-LiF-LaF₃ в твердом и жидком состояниях // Неорганические материалы. - 2012. - Т. 48, № 4. - С. 1 - 7.
6. Адаменко І.І., Булавін Л.А. Фізика рідин та рідинних систем. - К.: АСМІ, 2006. - 650 с.
7. Глазов В.М., Чижевская С.Н., Глаголева Н.Н. Жидкие полупроводники. - М.: Наука, 1967. - 224 с.
8. Катлер М. Жидкие полупроводники. - М.: Мир, 1980. - 256 с.
9. Карапетянц М. Х. Химическая термодинамика. - М.: Химия, 1975. - 584 с.
10. Swaroop S. N. Molecular exchange in liquid-vapor system in presence of inert gas // Indian J. Phys. - 1974. - Vol. 48, No. 8. - P. 744 - 745.
11. Булавін Л.А., Соколовський Б.І., Плевачук Ю.О., Склярчук В.М. Перехід метал-неметал в іонно-електронних рідинах. - К.: АСМІ, 2008. - 312 с.
12. Вейнберг Ф. Приборы и методы физического металловедения. - М.: Мир, 1973. - 427 с.
13. Булавін Л.А., Плевачук Ю.О., Склярчук В.М. Критичні явища розшарування в рідинах на землі та в космосі. - К: Наук. думка, 2011. - 280 с.
14. Roscoe R. Viscosity determination by the oscillating vessel method I: Theoretical considerations // Proc. Phys. Soc. B. - 1958. - Vol. 72, No. 4. - P. 576 - 584.
15. Hopkins M.R., Toye T.C. The determination of the viscosity of molten metals // Proc. Phys. Soc. B. - 1950. - Vol. 63, No. 10. - P. 773 - 782.
16. Швидковский Е.Г. Некоторые вопросы вязкости расплавленных металлов. - М.: Гостехиздат, 1955. - 207 с.
17. Беляев А.И., Жемчужина Е.А., Фирсанова Л.А. Физическая химия расплавленных солей. - М.: Металлургиздат, 1967. - 359 с.
18. Делимарский Ю.К., Марков Б.Ф. Электрохимия расплавленных солей. - М.: Металлургиздат, 1960. - С. 30.
19. Gaskell P.H. Medium-range structure in glasses and low-Q structure in neutron and X-ray scattering data // Journal of Non-Crystalline Solids. - 2005. - Vol. 351, Issue 12 - 13. - P. 1003 - 1013.
20. Badyal Y.S., Howe R.A. Structural modification in molten metal chloride and alkali chloride mixtures // J. Phys.: Condens. Matter. - 1993. - Vol. 5, No. 39. - P. 7189 - 7202.
21. Maruyama K., Endo H., Hoshino H. et al. Void distributions in liquid BiBr₃ // J. Phys.: Conf. Ser. - 2008. - Vol. 98. - P. 012019.

Ю. А. Плевачук, В. М. Склярчук, И. И. Штаблавый, Н. В. Файдюк, Р. Н. Савчук

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОННОЙ ЖИДКОЙ СИСТЕМЫ, КОТОРАЯ ОБРАЗОВАЛАСЬ ПОСЛЕ ПЛАВЛЕНИЯ ЭВТЕКТИКИ NaF-LiF-LaF₃

Представлены результаты экспериментального исследования вязкости, электропроводности, термоэлектродвижущей силы в интервале температур (580 ÷ 800) °С ионной жидкостной смеси, которая образовалась после плавления эвтектики NaF-LiF-LaF₃. Обнаружено, что при температуре (675 ± 5) °С термоэлектродвижущая сила ионной смеси меняет знак на противоположный, что коррелирует с изменением характера температурной зависимости вязкости указанной системы. Показано, что при температуре (750 ± 5) °С наблюдается пик температурной зависимости электропроводности жидкостной ионной смеси. Результаты работы могут быть использованы при подборе бланкета для жидкостносольевых реакторов.

Ключевые слова: жидкостносольевые реакторы, бланкет, фториды металлов, электропроводность, вязкость, термоэлектродвижущая сила, ионные жидкости.

Yu. O. Plevachuk, V. M. Sklyarchuk, I. I. Shtablavyi, N. V. Faidyuk, R. N. Savchuk

PHYSICAL PROPERTIES OF THE EUTECTIC NaF-LiF-LaF₃ MELT IONIC LIQUID SYSTEM

Results of experimental studies on electrical conductivity, viscosity and thermo-electromotive force temperature dependencies of eutectic NaF-LiF-LaF₃ melt ionic liquid mixture in the temperature range of (580 ÷ 800) °С are presented. It has been found, that at the temperature of (675 ± 5) °С the ionic mixture thermo-electromotive force changes

its sing to reverse, with this change being correlated with viscosity temperature dependence type readjustment occurring at the same temperature. It has been shown that the maximum value of liquid ionic mixture electrical conductivity is achieved at the temperature of $(750 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Obtained results could help in the molten salt reactor blanket design.

Keywords: molten salt reactor, blanket, metal fluoride, electrical conductivity, viscosity, thermo-electromotive force, ionic liquids.

Надійшла 23.03.2012

Received 23.03.2012