

УДК 541.546

А.В. Тронь, Е.М. Шембель, И.М. Максютя

**ПОЛУЭЛЕМЕНТ ТВЕРДЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ— MnO_2
ДЛЯ ПЕРЕЗАРЯЖАЕМЫХ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА**

Исследована возможность использования твердых неорганических электролитов состава $Li_2O-LiF-P_2O_5$ (содержание Li_2O — 52.4 % мол.) в контакте с катодами на основе оксидов марганца в литиевых источниках тока. Система твердый электролит—электродный материал позволяет предотвратить короткое замыкание между катодом и литиевым анодом в процессе циклирования источника тока. Показано, что система с твердым электролитом обладает преимуществами по сравнению с системой на основе полимерного электролита. Проведены исследования и испытания твердых неорганических электролитов и экспериментальных образцов литиевых источников тока на базе разрабатываемого твердого неорганического электролита. На основе проведенных исследований изготовлены полуэлементы MnO_2 —твердый электролит. Показана перспективность применения таких полуэлементов при производстве перезаряжаемых литиевых источников тока.

ВВЕДЕНИЕ. Литиевые и литий-ионные источники тока обладают рядом достоинств и выгодно отличаются от традиционных химических источников тока (ХИТ). Так называемые традиционные источники тока с водным электролитом ($Pb-PbO_2$, $Cd-NiOOH$, $Fe-NiOOH$, $Zn-MgO_2$, $Zn-HgO$, $Zn-Ag_2O$) широко используются в различных областях техники до настоящего времени. Особый интерес представляют собой перезаряжаемые химические источники тока с литиевым анодом. При создании перезаряжаемых литиевых источников тока, в частности $Li-MnO_2$ -аккумуляторов, исследователи сталкиваются с такими негативными явлениями, как возможность циклирования литиевого электрода с образованием дендритов, которые могут привести к короткому замыканию, и даже взрыву литиевого элемента [1—3]; “инкапсулирование” или частичная потеря активной массы литиевого электрода, что приводит к постоянной потере емкости литиевого электрода при циклировании; ограниченное циклирование положительного электрода на основе диоксида марганца (MnO_2), который обычно используется в первичных источниках тока. В наших предыдущих работах [4—6] и, например, в работе [7] отмечено, что химический диоксид марганца (ХДМ) может обратимо циклировать в контакте с твердым электролитом и является перспективным катодным материалом для перезаряжаемых источников тока.

В последние годы проведены исследования [4, 6, 8] с целью замены жидкого электролита на

полимерные или твердые неорганические электролиты для перезаряжаемых литиевых источников тока. Это связано с тем, что вследствие относительно низких температур испарения и легкой воспламеняемости растворителей жидкие электролиты существенно ограничивают температурный интервал в области высоких температур и требуют специальных мер для предотвращения возгорания источника тока.

Полимерные электролиты способны частично заблокировать рост дендритов лития благодаря низкой пористости и особенностям контакта на границе раздела литий—полимерный электролит. Однако нет полной гарантии блокировки роста дендритов лития при использовании полимерного электролита.

Одним из перспективных направлений совершенствования перезаряжаемых литиевых ХИТ является использование твердых неорганических электролитов. Применение твердых электролитов обеспечит возможность безопасного циклирования литиевого электрода, расширит температурный интервал в сторону более высоких температур, а также позволит повысить удельные электрические характеристики, надежность, срок службы и создать новые системы первичных и перезаряжаемых источников тока как с литиевым анодом, так и литий-ионные [9, 10].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ. Цель настоящей работы — обобщение ранее выполненных исследований, которые частично опубликованы

© А.В. Тронь, Е.М. Шембель, И.М. Максютя, 2010

[4, 5], и их развитие с целью определения факторов, влияющих на работоспособность источника тока с твердым неорганическим электролитом. Исследования посвящены сравнению электрохимического поведения системы электродный материал на основе диоксида марганца в контакте с жидким, твердым неорганическим и полимерным электролитами.

Электрохимические свойства полуэлементов жидкий электролит— MnO_2 , твердый электролит— MnO_2 и полимерный электролит— MnO_2 были исследованы методами импедансной спектроскопии, циклической вольтамперометрии и гальваностатическим циклированием в трехэлектродных ячейках и в макетах литиевых источников тока Li—MnO_2 в габаритах 2325 (диаметр 23 мм; высота 2.5 мм). В качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения в трехэлектродной ячейке использовали литиевые электроды.

Катодная масса включала химический диоксид марганца (ХДМ), графит УЭЗ-М, ацетиленовую сажу, фторопластовое связующее ФС-4. Токосводом служила сетка из нержавеющей стали (12Х18Н10Т). Толщина пленки твердого неорганического и полимерного электролитов составляла примерно 20 мкм. Между полуэлементами и литиевым электродом помещали жидкий неводный электролит.

Используемые составы электролитов:

– жидкий неводный электролит — перхлорат лития (1 M LiClO_4) в смеси апротонных диполярных растворителей (АДР) пропиленкарбонат (ПК)—диоксолан (ДОЛ) в соотношении 70:30;

– полимерный электролит — поливинилиденфторид (ПВДФ) (марки Solef 21508, производитель Solvay (Бельгия)) в смеси апротонных диполярных растворителей ацетон: тетрагидрофуран, мембрана пропитывалась неводным электролитом (полимерный и твердый электролиты формировали на поверхности диоксидно-марганцевых электродов);

– твердый неорганический аморфный электролит состава $\text{Li}_2\text{O—LiF—P}_2\text{O}_5$ (содержание Li_2O — 52.4 % мол.) [11, 12].

Для исследования и сравнения свойств использовали следующие электрохимические системы: MnO_2 —жидкий электролит (1 M LiClO_4 , ПК, ДОЛ)— Li ;

MnO_2 —полимерный электролит (ПВДФ) — жидкий электролит (1 M LiClO_4 , ПК, ДОЛ)— Li ;

MnO_2 —твердый электролит—жидкий элект-

родит (1 M LiClO_4 , ПК, ДОЛ)— Li .

Потенциодинамические исследования осуществляли в герметичных трехэлектродных ячейках. Стабильность потенциала обеспечивали с помощью потенциостата ПИ-50-1.1, линейную развертку потенциала — программатора ПР-8. Скорость развертки потенциала составляла $0.1 \text{ мВ}\cdot\text{с}^{-1}$, интервал циклирования — от 2.0 до 3.65 В относительно литиевого электрода сравнения Li/Li^+ .

Электрохимические свойства макетов литиевых источников тока Li—MnO_2 (габариты 2325) исследовали с использованием метода гальваностатического циклирования. Плотность тока заряда/разряда положительного электрода равнялась $100 \text{ мкА}/\text{см}^2$. Интервал циклирования составлял от 2.0 до 3.65 В.

Количество лития задавалось таким, чтобы разрядная емкость литиевого электрода во всех электрохимических системах, которые были исследованы, в 10—12 раз превышала емкость положительного электрода (MnO_2).

Величину электродного импеданса определяли с помощью многофункционального прибора для электрохимических исследований VoltaLab 40 (PGZ 301). Амплитуда переменного напряжения составляла 10 мВ, область частот: $100 \text{ кГц—}100 \text{ мГц}$. Измерение электродного импеданса начинали через 24 ч после сборки макетов литиевых источников тока.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. На рис. 1, а представлены импедансные характеристики свежеобработанных макетов литиевых источников тока Li—MnO_2 с разными электролитами (жидкий неводный, полимерный и твердый электролиты). Из рисунка следует, что макеты литиевых источников тока с жидким неводным и твердым электролитами имеют меньшее активное сопротивление, чем элементы с полимерным электролитом. Характерные импедансные спектры представляют собой годограф с одним полукругом для литиевых источников тока с жидким и полимерным электролитами (кривые 1 и 2). Для системы с твердым электролитом на импедансных спектрах появляется второй полукруг в области низких частот (кривая 3). Можно предположить, что этот полукруг отвечает импедансу пленки твердого электролита.

В процессе циклирования удельная разрядная емкость для макетов литиевых источников тока Li—MnO_2 различными электролитами практически не отличается. Тот факт, что состав электролита влияет на импеданс и не влияет на разряд-

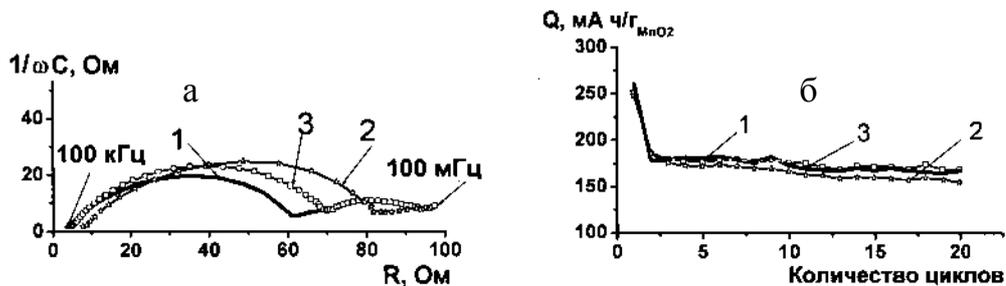


Рис. 1. Импедансные характеристики свежеобработанных макетов литиевых источников тока Li—MnO₂ (габариты 2325): интервал частот переменного тока 100 кГц—100 мГц (*а*); зависимость удельной разрядной емкости макетов литиевых источников тока Li—MnO₂ (габариты 2325) от номера цикла (*б*). Плотность тока заряда/разряда 100 мкА·см⁻²; интервал циклирования 2.0—3.65 В; *t* = 22 °С. 1 — жидкий неводный электролит; 2 — полимерный электролит; 3 — твердый неорганический электролит.

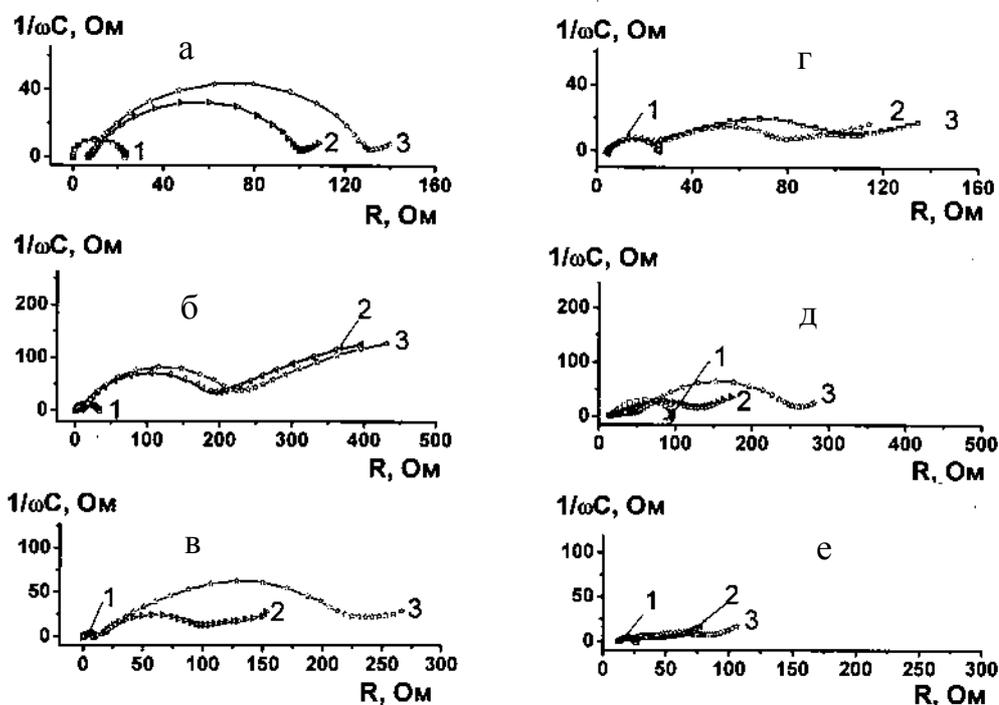


Рис. 2. Импедансные спектры отрицательного (1), положительного (2) электродов и всей системы (3) в исходном состоянии (*а*) (свежеобработанный элемент); после разряда (*б*); после заряда (*в*). *t* = 24 °С. *а-в* — Система с жидким неводным электролитом 1 М LiClO₄ ПК/ДОЛ; *г-е* — с твердым неорганическим электролитом со стороны катода (MnO₂) и жидким электролитом (1 М LiClO₄) со стороны литиевого анода.

ную емкость при гальваностатическом циклировании, может объясняться тем, что гальваностатическое циклирование проводилось при относительно низких значениях разрядного и зарядного тока.

Удельные характеристики литиевых источников тока при более высоких токах разряда и заряда в значительной степени зависят от параметров импеданса электрохимической системы. На

рис. 2 представлены импедансные характеристики систем с жидким (*а-в*) и твердым (*г-е*) электролитами. Внутреннее сопротивление литиевого источника тока меняется при переходе от исходного состояния (свежеобработанный элемент) (рис. 2, *а, г*) к последующим циклам разряда (рис. 2, *б, д*) и заряда (рис. 2, *в, е*). Измерения проводили таким образом, чтобы определить импедансные спектры

катода на основе MnO_2 , литиевого анода и всего элемента в целом.

Из представленных годографов видно, что общий импеданс приведенных систем в заряженном и разряженном состоянии отличается незначительно. Это свидетельствует об идентичности протекания процесса интеркаляции-деинтеркаляции ионов лития в диоксидно-марганцевый электрод без твердого электролита и с покрытым тонким слоем твердым электролитом.

Импедансные спектры для свежесобранных элементов с жидким и твердым электролитом представляют собой годограф с одним полукругом. Низкочастотный полукруг [13] относят к сопротивлению переноса заряда, тогда как высокочастотный — к пассивной пленке на поверхности диоксидно-марганцевого электрода, без диффузионного контроля. Однако линейный участок в низкочастотной области должен отражать диффузию ионов в твердой фазе активного материала. При этом полный импеданс в свежесобранном, заряженном и разряженном состоянии системы с жидким неводным электролитом в 2 раза выше полного импеданса системы с твердым неорганическим электролитом со стороны катода (диоксид марганца) и с жидким электролитом со стороны литиевого анода.

Из представленных годографов (рис. 2) видно, что основной вклад в общий импеданс системы $Li-MnO_2$ вносит импеданс MnO_2 -электрода, а также импеданс границы раздела фаз жидкий электролит— MnO_2 и импеданс литиевого электрода, который обусловлен в основном импедансом пассивирующей пленки на его поверхности [2].

Известно, что первичные литиевые химические источники тока отличаются малыми токами саморазряда и, соответственно, длительным сроком хранения без потери емкости (до 10—15 лет) за счет наличия пассивной пленки на литиевом электроде. Наилучшую сохранность имеют элементы системы литий—иод, у которых потеря емкости за счет саморазряда не превышает 10 % за 10 лет хранения при температуре 40 °С [2]. Потеря емкости за счет саморазряда элементов других литиевых источников тока составляет 0,5—3 % в год. Для большинства элементов изготовители гарантируют срок хранения не менее 5 лет, а часто — и не менее 15 лет.

При разработке источника тока с литиевым анодом важным является оценка его саморазряда, то есть сохранности без потери емкости. В этой

связи мы исследовали изменение электрических характеристик макетов литиевых источников тока $Li-MnO_2$ с различными электролитами в процессе их хранения. Изменение характеристик элементов в процессе их хранения определяли по изменению импедансных характеристик в зависимости от величины напряжения разомкнутой цепи; по гальваностатическим характеристикам исследуемых литиевых источников тока $Li-MnO_2$ после хранения.

При обработке импедансных спектров макетов литиевых источников тока $Li-MnO_2$ были получены импедансные характеристики (сопротивление межэлектродного пространства (R1) и сопротивление пассивной пленки на литиевом электроде (R2)). Измерение импедансных спектров и напряжения разомкнутой цепи (НРЦ) макетов проводили в течение 60 сут хранения при различных температурах (5, 22 и 60 °С). Следует отметить, что хранение литиевых источников тока при 60 °С в течение 30 дней соответствует хранению при комнатной температуре в течение 1 года (рис. 3).

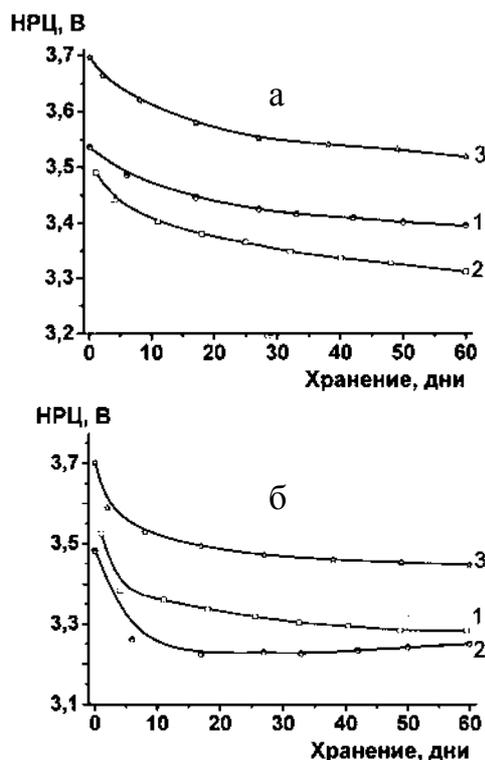


Рис. 3. Изменение НРЦ макетов литиевых источников тока $Li-MnO_2$ в процессе хранения при температуре 22 (а) и 60 °С (б). Здесь и на рис. 4 обозначения кривых такие же, как и на рис. 1.

Уменьшение НРЦ для макетов литиевых источников тока Li—MnO_2 может происходить за счет саморазряда элемента, вызванного взаимодействием катодного материала с компонентами электролита, изменением степени окисленности катодного материала, переходом ионов марганца из катодного материала в электролит и последующим взаимодействием их с литием.

В элементах с полимерным электролитом изменение НРЦ происходит быстрее, чем в случае жидкого и твердого электролитов. Для аккумуляторов с твердым электролитом НРЦ изменяется в значительно меньшей степени. Уменьшение НРЦ для макетов литиевых источников тока Li—MnO_2 с полимерным электролитом происходит за счет взаимодействия полимерной матрицы с окислителем ХДМ. Для аккумуляторов с твердым электролитом наблюдается незначительное влияние взаимодействия ХДМ с поверхностью ТЭЛ, за счет блокировки взаимодействия. Это указывает на более высокую химическую стабильность MnO_2 , а также металлического лития в контакте с твердым электролитом. Важным фактором является низкая электронная проводимость твердого электролита, что также обеспечивает низкий саморазряд источника тока.

Пассивирующая пленка (R2) на литиевом электроде весьма чувствительна к различным окислителям, например, продуктам растворения катодного материала в электролите. Взаимодействие с этими окислителями могут или способствовать росту пассивирующей пленки, или, наоборот, вызывать интенсивное растворение из-за образования продуктов, хорошо растворимых в органических средах. В случае, когда пассивирующая пленка на поверхности лития обладает повышенным сопротивлением, возникает явление, которое в технической литературе называют “провалом напряжения”. То есть при включении тока напряжение источника тока уменьшается и только через некоторое время, в течение которого пассивирующая пленка на литии растворяется, разрядное напряжение увеличивается и достигает номинального значения. Этот эффект особенно проявляется после длительного высокотемпературного хранения источника тока или при работе в условиях низких температур [14].

На рис. 4, а представлено изменение внутреннего сопротивления элемента Li—MnO_2 (R1) без учета сопротивления пассивирующей пленки на литии в процессе хранения элементов. Для эле-

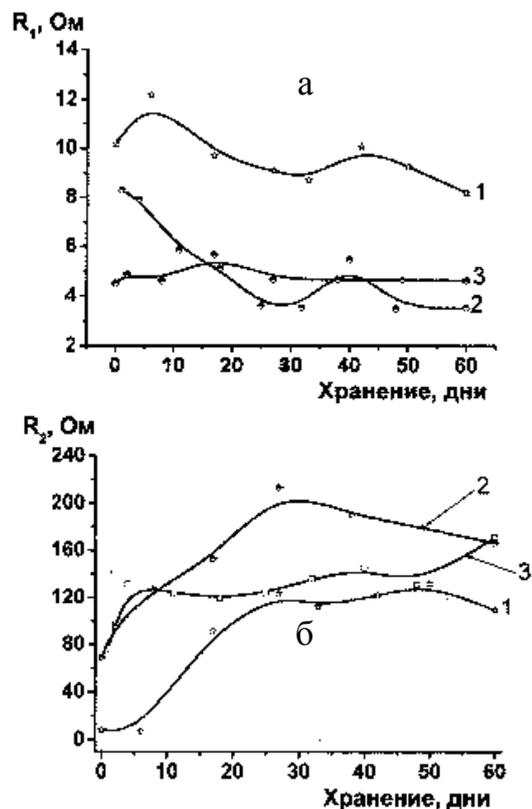


Рис. 4. Изменение сопротивления межэлектродного пространства (R1) (а) и сопротивления пассивной пленки на литиевом электроде (R2) (б) в процессе хранения макетов литиевых источников тока Li—MnO_2 при 22 °С.

ментов с различными электролитами — жидким, полимерным и твердым данное сопротивление слабо изменяется во времени.

Качественное соотношение импедансных характеристик литиевого анода в источниках тока Li—MnO_2 (рис. 4, б) показывает, что величина сопротивления пассивирующей пленки зависит от природы электролита, с которым контактирует катод. Это может быть связано со взаимодействием между компонентами неводного электролита и активным материалом катода. При этом в объеме электролита могут накапливаться продукты, которые изменяют свойства и состав пленки на поверхности литиевого электрода. Следовательно, морфология и скорость роста пассивирующей пленки на литиевом электроде определяются составом электролита, температурой и временем хранения источника тока. С увеличением температуры и времени хранения толщина пленки растет (рис. 5).

Способность системы Li—MnO_2 сохранять

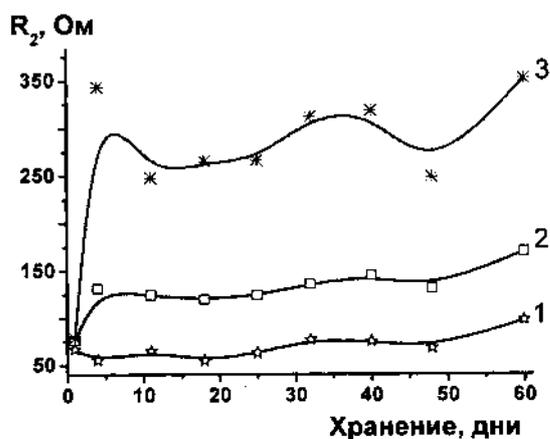


Рис. 5. Изменение сопротивления пассивной пленки на литиевом электроде (R2) в процессе хранения макетов литиевых источников тока Li—MnO₂ при температуре: 1 — 5; 2 — 22; 3 — 60 °С.

Т а б л и ц а 1

Удельная емкость полуэлемента твердый электролит—MnO₂ (I) и диоксидно-марганцевого электрода в жидком электролите (II) после хранения в течение 1 мес (33 дня) при комнатной температуре

Номер цикла	Q, мА·ч/г		Номер цикла	Q, мА·ч/г	
	I	II		I	II
1	260.7	249.9	6	170.3	168.1
2	180.8	165.9	7	170.2	167.5
3	171.6	166.3	8	169.2	167.6
4	170.5	165.3	9	169.7	169.4
5	171.6	169.1			

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2 плотность тока заряда-разряда 100 мкА·см⁻².

работоспособность в течение времени определяли по двум критериям: по изменению импедансных характеристик системы (рис. 1—5); по гальваностатическим характеристикам исследуемых литиевых источников тока Li—MnO₂ и с твердым электролитом после хранения (табл. 1).

В табл. 1 приведена зависимость удельной емкости от номера цикла при хранении литиевого источника тока с положительным электродом на основе MnO₂ в жидком электролите и полуэлемента твердый электролит—MnO₂ при комнатной температуре.

Перед хранением макеты Li—MnO₂-источников тока прошли формировочные циклы для

точного определения величины саморазряда, так как после первого цикла трудно судить о саморазряде элементов, после третьего заряда поставлены на хранение. После хранения были сняты удельные характеристики макетов литиевых источников тока, которые практически не изменились, что позволяет судить о высоком их качестве.

Следует заметить, что при оценке саморазряда литиевых источников тока многие компании считают, что хранение при 60 °С в течение одного месяца приравняется к одному году хранения при комнатной температуре. При этом такие исследования могут давать несколько заниженные значения удельных характеристик источников тока. Возможно, это объясняется тем, что при повышенных температурах могут протекать нежелательные побочные процессы, которые не возникают при комнатной температуре, что и приводит к снижению удельных характеристик.

Изменение удельной емкости макетов Li—MnO₂-источников тока при хранении при 60 °С представлено в табл. 2.

При хранении макетов Li—MnO₂-источников тока при температуре 60 °С в течение 31 дня (соответствует одному году хранения при комнатной температуре) снижение емкости макетов не превышает 0.5 % и практически не отличается от саморазряда литиевых источников тока ведущих фирм-производителей (величина саморазряда для Li—MnO₂ составляет 0.5—3 % в год), что позволяет судить о высоком качестве разработанного литие-

Т а б л и ц а 2

Зависимость удельной емкости (Q, мА·ч/г) полуэлемента твердый электролит—MnO₂ (I) и диоксидно-марганцевого электрода в жидком электролите (II) от времени хранения при 60 °С

Номер цикла	I		II	
	Без хранения	31 день	Без хранения	31 день
1	247.9	245.6	254.1	253.3
2	186.1	184.5	178.1	177.0
3	179.5	177.2	179.4	177.1
4	177.7	175.4	181.3	179.6
5	176.9	173.7	181.1	179.4
6	178.8	176.3	182.5	180.1
7	179.5	177.2	178.9	176.7
8	176.5	174.3	176.2	174.4
9	179.5	177.1	181.9	179.7

вого источника тока с твердым электролитом

Для определения характера влияния аморфного твердого и полимерного электролитов на процессы интеркаляции–деинтеркаляции ионов лития в ХДМ проводили потенциодинамическое циклирование полуэлементов (рис. 6).

Форма потенциодинамических кривых исследуемых полуэлементов с полимерным и твердым электролитом (рис. 6, б, в) во многом сходна с формой кривых, которая наблюдается при исследовании катодов из диоксида марганца в жидком неводном электролите (рис. 6, а). В то же время, если поверхность электрода покрыта полимерным или твердым электролитом, катодный пик на первом цикле менее выражен, имеет более низкую величину, а также смещен в область более низких потенциалов (2–2.1 В). При циклировании деградация емкости катодов в системах с полимерным и твердым электролитом выше, чем в системе с жидким электролитом.

Вместе с тем положение пиков практически совпадает для всех типов электролитов (жидкий, неводный, полимерный и твердый), что может свидетельствовать об идентичности электрохимического поведения исследуемых систем.

Из представленных зависимостей (рис. 6) видно, что влияние электролитов разных типов на процессы интеркаляции–деинтеркаляции ионов лития в диоксидно-марганцевом электроде существенно не проявляется.

ВЫВОДЫ. С целью обеспечения безопасного циклирования источника тока с литиевым анодом и катодом на основе химически синтезированного диоксида марганца была исследована возможность применения в литиевом перезаряжаемом источнике тока катода на основе диоксида марганца, покрытого аморфным твердым неорганическим электролитом. Использование полимерного или жидкого электролита не позволяет решить эту проблему.

Катод на основе диоксида марганца, покрытый твердым неорганическим аморфным электролитом на основе $\text{Li}_2\text{O}-\text{LiF}-\text{P}_2\text{O}_5$ (содержание Li_2O — 52.4 % мол.), может обратимо работать в условиях гальваностатического и потенциодинамического циклирования.

Таким образом, аморфный твердый электролит на основе $\text{Li}_2\text{O}-\text{LiF}-\text{P}_2\text{O}_5$ (содержание Li_2O — 52.4 % мол.) в контакте с электродом на основе химического диоксида марганца не меняет электрохимических и импедансных свойств последнего.

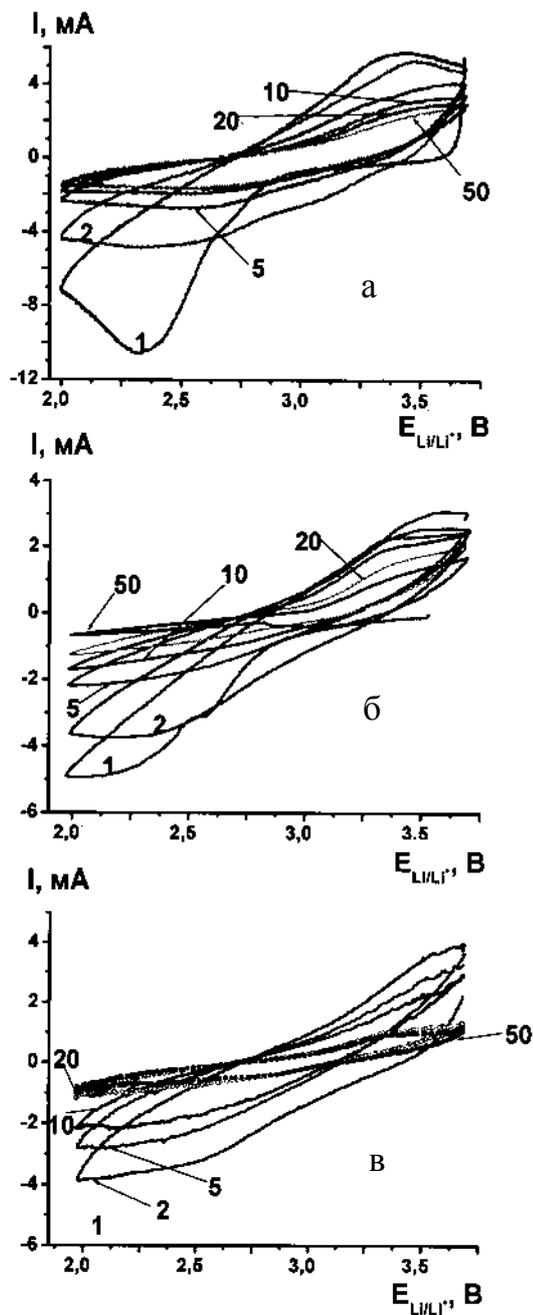


Рис. 6. Потенциодинамические характеристики диоксидно-марганцевого электрода в жидком неводном электролите (а), полуэлемента полимерный электролит— MnO_2 (б) и полуэлемента твердый электролит— MnO_2 (в). Жидкий электролит — 1 М LiClO_4 ПК/ДОЛ; полимерный электролит — полимерная матрица на основе ПВДФ ацетон–ТГФ, пропитанная жидким электролитом; твердый электролит — $\text{Li}_2\text{O}-\text{LiF}-\text{P}_2\text{O}_5$ (52.4 % мол. Li_2O). Цифры на кривых соответствуют номеру цикла.

Результати гальваностатического циклювання опытних образцов дисковых литиевых источников тока Li—MnO_2 (габарит 2325) с жидким неводным и аморфным твердым электролитами свидетельствуют о хорошей циклируемости используемых катодов в данных условиях.

Согласно представленным данным, пленка аморфного твердого неорганического электролита на поверхности катода (MnO_2) улучшает электрохимические свойства литиевого источника тока как при циклировании, так и после длительного хранения при повышенных температурах (60°C). Электрохимические характеристики при циклировании электрода на основе диоксида марганца, который находится в контакте с твердым электролитом, обладают преимуществами по сравнению с аналогичным электродом, контактирующим с полимерным электролитом.

Проведенные испытания лабораторных образцов литиевых источников тока показали, что разработанная система на основе твердого аморфного неорганического электролита является перспективной для создания нового типа высокоэнергоемких литиевых перезаряжаемых источников тока с анодом на основе металлического лития. Работа продолжается в направлении оптимизации характеристик перезаряжаемых литиевых и литий-ионных источников тока с твердыми неорганическими электролитами.

Авторы благодарят А.В. Носенко за помощь в подготовке твердого электролита.

РЕЗЮМЕ. Досліджено можливість використання твердих неорганічних електролітів складу $\text{Li}_2\text{O—LiF—P}_2\text{O}_5$ (зміст Li_2O — 52.4 % мол.) у контакті з катодами на основі оксидів марганцю в літєвих джерелах струму. Система твердий електроліт—електродний матеріал дозволяє запобігти короткому замиканню між катодом і літєвим анодом у процесі циклування джерела струму. Показано, що система з твердим електролітом має переваги в порівнянні з системою на основі полімерного електроліту. Проведено дослідження і випробування експериментальних зразків літєвих джерел струму на базі твердого неорганічного електроліту, що розробляється. На основі проведених досліджень виготовлено напівелементи MnO_2 —твердий електроліт. Показано перспек-

тивність застосування таких напівелементів при виробництві літєвих джерел струму, що перезаряджаються.

SUMMARY. The possibility of the use of solid inorganic electrolytes of composition of $\text{Li}_2\text{O—LiF—P}_2\text{O}_5$ (table of contents of Li_2O — 52.4 % breakwater) is investigation in contact with cathodes on the basis of oxides of manganese in the lithium power sources. Solid electrolyte—electrode material allows preventing the use of the system short circuit between a cathode and lithium anode in the process of cycling of power source. It is showed that the system with a solid electrolyte possesses advantages as compared to the system on the basis of polymeric electrolyte. Researches and tests are conducted, experimental standards of lithium power sources on the basis of the developed solid inorganic electrolyte. On the basis of the conducted researches half-cell are made MnO_2 —solid electrolyte. Perspective of the use of such half-cell is showed at the production of the rechargeable lithium power sources.

1. Багоцкий В.С., Скундин А.М. // Электрохимия. - 1995. -**31**, № 4. -С. 342—349.
2. Кедринский И.А., Дмитриенко В.Е., Поваров Ю.М., Грудянов И.И. Химические источники тока с литиевым электродом. -Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1983.
3. Mogi R., Inaba M., Jeong S.-K. et al. / J. Electrochem. Soc. -2002. -**149** (12). -P. A1578—A1583.
4. Тронь А.В., Носенко А.В., Шембель Е.М. // Вопросы химии и хим. технологии. -2007. -№ 6. -С. 200—204.
5. Тронь А.В., Носенко А.В., Шембель Е.М. // Вісн. Націон. техн. ун-ту “ХПІ”. -2008. -№ 16. -С. 107—113.
6. Кваша А.М. Дис. ... канд. техн. наук. -Днепропетровск, 2004.
7. Desilvestro J., Haas O. // J. Electrochem. Soc. -1990. -**137**. -P. 5C—22C.
8. Shembel E.M., Maksyuta I.M., Nosenko A.V., Tron A.V. // 8-th Int. conf. ABA-2007 “Advanced Batteries and accumulators”. -Brno, Czech Republic, 2007. -P. 115—117.
9. Solid-state batteries: materials design and optimization / Eds. C. Julien, G.A. Nazri. -Kluwer Academ. publ., 1994.
10. Duklot M., Souquet J.L. // J. Power Sources. -2000. -**97-98**. -P. 610—615.
11. Тронь А.В., Носенко А.В., Шембель Е.М. // Электрохимия. -2008. -**45**, № 5. -С. 562—568.
12. Shembel E.M., Nosenko A.V., Tron A.V. // 9-th Int. conf. ABA-2008 “Advanced Batteries and accumulators”. -Brno, Czech Republic, 2008. -P. 137—140.
13. Yong-Mook Kang, Ki-Yong Lee, Seo-Jae Lee et al. // J. Electrochem. Soc. -2003. -**150** (11). -A1538—A1543.
14. Dey A.N. // Thin Solid film. -1977. -**43**. -P. 131—171.