

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ РАН  
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОХИМИИ  
им. А.Н. ФРУМКИНА РАН  
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «САТУРН»

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ  
В ЛИТИЕВЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ  
СИСТЕМАХ**

Материалы XII Международной конференции  
Краснодар, 1–6 октября 2012 г.

Краснодар  
2012

УДК 544.6(063)  
ББК 24.57я431(0)  
Ф 94

Редакционная коллегия:

В.В. Галкин (отв. редактор), В.П. Несмеев (отв. секретарь), А.М. Скундин

Ф 94      Фундаментальные проблемы преобразования энергии в литиевых электрохимических системах: материалы XII Междунар. конф. / под ред. В.В. Галкина. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2012. 326 с.  
ISBN 978-5-93491-455-5

Материалы конференции отражают результаты исследований последних лет по фундаментальным проблемам литиевых химических источников тока. Значительное внимание уделено синтезу и свойствам новых электродных и электролитных материалов, механизмам токообразующих и побочных процессов в литиевых источниках тока. Конференция проводилась на базе ОАО «Сатурн» и Кубанского государственного университета.

Адресуются научным и инженерно-техническим работникам, преподавателям, аспирантам и студентам вузов, специалистам в области электрохимии и электрохимической энергетики.

УДК 544.6(063)  
ББК 24.57я431(0)

ISBN 978-5-93491-455-5

© Кубанский государственный университет, 2012  
© Коллектив авторов, 2012

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ ЛИТИЙ-МАРГАНЦЕВАЯ ШПИНЕЛЬ / ОРГАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОЛИТ / УГЛЕРОД

Н.Я. Иваничок, Р.И. Мерена, Р.П. Лисовский, Б.И. Рачий, В.И. Мандзюк

Прикарпатский национальный университет им. Василя Стефаника  
Украина, 76025, г. Ивано-Франковск, ул. Шевченко, 57  
e-mail: mer\_rom@mail.ru

Как известно, механизм накопления заряда в электрохимических конденсаторах основан на емкости двойного электрического слоя (ДЭС) электродных материалов с большой площадью поверхности или на псевдоемкости окислительно-восстановительных реакций оксидов металлов и проводящих полимеров [1]. В гибридных электрохимических конденсаторах (ГЭК) положительный и отрицательный электроды используют различные по природе материалы, которые характеризуются разными значениями электрохимических потенциалов. ГЭК представляют собой разнообразные комбинации положительного и отрицательного электродных материалов, например, токопроводящий полимер / оксид металла [2, 3], оксид металла / углеродный материал [4], токопроводящий полимер / углеродный материал [5]. Итак, на электродах ГЭК происходят различные по природе процессы – заряд / разряд ДЭС на одном из электродов (поляризованный электрод) и окислительно-восстановительная реакция на другом (неполяризованный или слабополяризованный электрод) [6].

В этом исследовании в качестве катодного материала ГЭК использовали пористый углеродный материал (ПУМ), полученный из растительного сырья методом гидротермальной карбонизации при давлении водяного пара  $(12 \div 15) \cdot 10^5$  Па с последующей термической активацией при температуре  $673 \pm 3$  К [7].

Синтез анодного материала на основе литий-марганцевой шпинели состава  $\text{Li}_{1,2}\text{Mn}_{1,8}\text{O}_4$  осуществлялся по традиционной керамической технологии [8] из оксида марганца (IV)  $\text{MnO}_2$  и гидроксида лития  $\text{LiOH}$  [9].

Определение структурно-адсорбционных характеристик материала проводили с помощью адсорбции / десорбции азота при температуре  $T = 77$  К на автоматическом сорбтометре Quantachrome Autosorb (Nova 2200e). Образцы ПУМ и литий-марганцевой шпинели заранее дегазировались в вакууме при 453 К в течение 20 и 3 ч соответственно.

Электрохимические исследования проводились в двухэлектродной ячейке типоразмера «2525» с использованием спектрометра Autolab PGSTAT/FRA-2. Электроды исследуемых ГЭК изготавливались из смеси состава

$$\langle \text{ABЭ} \rangle : \langle \text{ТД} \rangle : \langle \text{СМ} \rangle = \langle 75 \rangle : \langle 20 \rangle : \langle 5 \rangle,$$

где АВЭ – активное вещество электрода; ТД – токопроводящая добавка (графит KS-15 фирмы “Lonza”); СМ – связующий материал (фторпласт Ф-42Л) [10].

Удельную емкость ГЭК вычисляли с помощью гальваностатического метода:

$$C_{\text{уд}} = \frac{I \cdot t_p}{(U - \Delta U) \cdot m},$$

где  $I$  – разрядный ток;  $t_p$  – время разряда;  $U - \Delta U$  – разность потенциалов в крайних точках разрядной кривой (рис. 1);  $m$  – масса активного вещества электродов.

Анализ изотермы адсорбции ПУМ позволил определить удельную поверхность, общий объем пор и их распределение как по размерам, так и по объему. В таблице приведены структурно-адсорбционные характеристики ПУМ.

### Структурно-адсорбционные характеристики ПУМ

Параметр	ПУМ
Площадь поверхности Multipoint BET, м <sup>2</sup> /г	700
Общий объем пор, см <sup>3</sup> /г	0,477
Объем микропор, см <sup>3</sup> /г	0,225
Площадь поверхности микропор, м <sup>2</sup> /г	546

Исследование удельной поверхности литий-марганцевой шпинели с помощью многоточечного метода BET показало значение удельной поверхности около 2 м<sup>2</sup>/г. Насыпная плотность составляет 1,66 г/см<sup>3</sup>.

На рис. 1 показано графическое изображение первого цикла заряда / разряда ячейки гибридного конденсатора. В качестве электролита был использован 1 М раствор LiBF<sub>4</sub> в ацетонитриле. Исследования проводились при постоянной силе тока 10 мА в потенциальном окне от 0 до 2,5 В. Во время первого этапа заряда ячейки Li<sub>1,2</sub>Mn<sub>1,8</sub>O<sub>4</sub> и ПУМ электроды стали поляризованными в положительном и отрицательном направлениях и, таким образом, начали действовать в качестве положительного и отрицательного электродов гибридного конденсатора соответственно.

Сразу же после заряда до 2,5 В ячейка была разряжена без релаксации, т. е. без периода постоянного напряжения (см. рис. 1). В начале цикла заряда / разряда наблюдается скачок потенциала  $\Delta U$ . Графическое изображение разряда ячейки было почти линейным в потенциальном окне 1,9–0 В, что свидетельствует о типичном емкостном поведении. Удельная емкость ГЭК, рассчитанная по первому профилю разряда, составляла 20 мА·год/г (76 Ф/г), а удельная энергия – 19 Вт·год/кг.

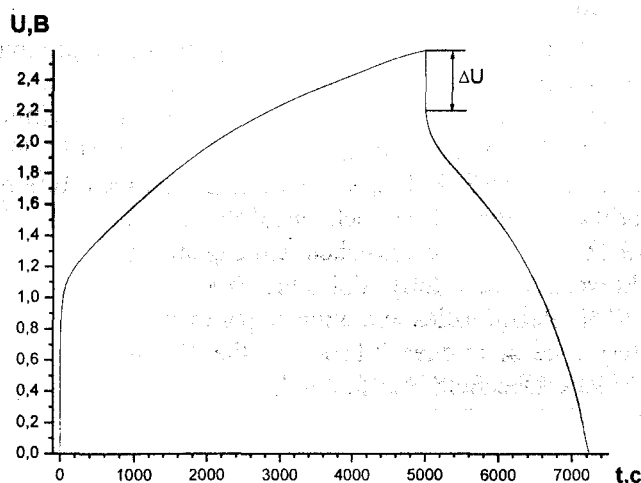


Рис. 1. Графическое изображение первого цикла заряда / разряда ячейки ГЭК в 1 М растворе LiBF<sub>4</sub> в ацетонитриле при постоянной силе тока 10 мА в потенциальном окне от 0 до 2,5 В

На рис. 2 показано потенциодинамические вольтамперограммы (ПВ) гибридного конденсатора. Данные ПВ показывают псевдоемкостное поведение ГЭК в потенциальном окне от 0 до 2,5 В [1, 3].

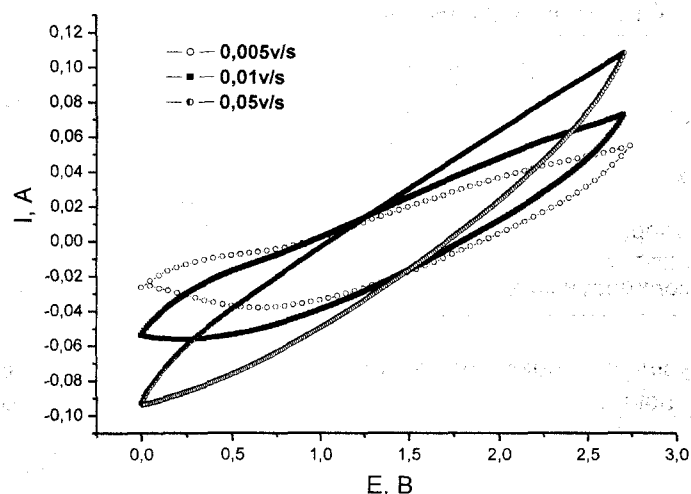


Рис. 2. Вольтамперограммы ГЭК, полученные при скорости сканирования 5, 10 и 50 мВ/с

Таким образом, в результате проведенного комплекса электро-химических исследований установлены условия, при которых литий-марганцевая шпинель может быть с успехом применена в качестве электродного материала для электрохимических гибридных конденсаторов высокой удельной энергии с рабочим напряжением элемента 2,5 В для органических электролитов. Удельная энергия гибридной ячейки составляла 19 Вт·ч/кг, что не уступает другим, уже известным в литературе, ГЭК.

#### Библиографические ссылки

1. Conway B.E. *Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamentals and Technological Applications*. New York, 1999.
2. Pasquier A.D., Laforgue A., Simon P.  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /poly(methyl)thiophene asymmetric hybrid electrochemical device // *J. Power Sources*. 2004. Vol. 125, № 1.
3. A Nonaqueous Asymmetric Hybrid  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /Poly(fluorophenylthiophene) Energy Storage Device / A.D. Pasquier [et al.] // *J. Electrochemical Society*. 2002. Vol. 149, № 3.
4. Hong M.S., Lee S.H., Kim S.W. Use of KCl Aqueous Electrolyte for 2 V Manganese Oxide/Activated Carbon Hybrid Capacitor // *Electrochemical Solid-State Letters*. 2002. Vol. 5, № 10.
5. Park J.H., Park O.Ok. Hybrid electrochemical capacitors based on polyaniline and activated carbon electrodes // *J. Power Sources*. 2001. Vol. 111, № 1.
6. Conway B., Pell W. Peculiarities and advantages of hybrid capacitor devices on combination of capacitor and battery type electrodes // *Proc. of the 12<sup>th</sup> International Seminar on DLC and Similar Energy Storage Devices*. Deerfield Beach, 2002.
7. Способ получения нанопористого углерода для электродов суперконденсаторов / И.И. Аврамов [и др.]: пат. № 88174. Украина МКП(2009) Н01G 2/00, Н01G 4/008; заявл. 06.03.2007; опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18.
8. Третьяков Ю.Д., Олейников Н.Н., Граник В.А. Кинетика процессов, происходящих при термической обработке ферритов // *Физико-химические основы термической обработки ферритов*. М., 1973.
9. Структура и электрохимические свойства литий-марганцевой шпинели  $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$  ( $0 < x < 0,5$ ) / Б.К. Остафийчук [и др.] // *Физическая инженерия поверхности*. 2012. Т. 10, № 1.
10. Молекулярный накопитель энергии / И.М. Будзуляк [и др.]: пат. № 45576А. Украина. МКП7 Н01G2/00, Н01G4/00, Н01G5/00, Н01С7/00. Прикарпатский национальный университет им. В. Стефаника; заявл. 23.01.2001; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4.

## СОДЕРЖАНИЕ

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ.....	3
<i>Барсукова М.М., Коликова Г.А., Петропавловский М.Е.</i> Перспективы разработки литий-ионных аккумуляторов для транспортных средств .....	3
<i>Бушкова О.В., Андреев О.Л., Ярославцева Т.В., Кузнецов М.В., Суриков В.Т., Антонов Б.Д., Малков В.Б., Kim J., Song J., Шпанченко Р.В.</i> Механизмы деградации литий-ионных аккумуляторов с катодом на основе литий-марганцевой шпинели .....	7
<i>Галкин В.В.</i> Литий-ионные аккумуляторные батареи и их место в системах электропитания космических аппаратов сегодня и в ближайшей перспективе .....	9
<i>Ганзбург М.Ф., Груздев А.И., Трофименко В.И.</i> Системные подходы к повышению ресурса работы литий-ионных аккумуляторных батарей космических аппаратов .....	10
<i>Дубасова В.С., Николенко А.Ф., Пономарева Т.А., Аботурова Н.В., Антипов Е.В., Хасанова Н.Р., Дрожжин О.А.</i> Исследование структурных, поверхностных и электрохимических характеристик электродов литий-ионных аккумуляторов после ресурсных испытаний.....	13
<i>Иваничок Н.Я., Мерена Р.И., Лисовский Р.П., Рачий Б.И., Мандзюк В.И.</i> Электрохимические свойства гибридной системы литий-марганцевая шпинель / органический электролит / углерод.....	16
<i>Каллут Ю.В., Кулыга В.П., Лихоносков С.Д., Лютова Е.В., Попов В.А.</i> Влияние условий хранения (температура и степень заряженности) на деградацию характеристик ЛИА....	19
<i>Козбаев К.К., Лопатин Д.С., Баранов О.А., Максимов М.В.</i> Исследование импеданса литий-ионных аккумуляторов на разных частотах .....	22
<i>Леготин Е.А., Федотов С.М., Лошкарев А.Б., Воробьев Е.В., Митриков С.А., Иванов В.А.</i> О ходе реализации проекта «Разработка конструкции и технологии изготовления литий-ионных аккумуляторов нового поколения с электродами из нанокompозитных структур» .....	25
<i>Лелеков А.Т., Сахнов М.Ю., Лелеков Е.Т.</i> Структурная модель литий-ионного аккумулятора с нелинейностями на основе нечётко-логических систем .....	27
<i>Лелеков А.Т., Козлов Р.В., Сахнов М.Ю., Лелеков Е.Т.</i> Исследование теплоэнергетических характеристик литий-ионных аккумуляторов.....	29
<i>Ляшаёв С.М., Хечинашвили А.</i> Многофункциональные устройства контроля состояния литий-ионных аккумуляторных батарей.....	31
<i>Ненашев А.С.</i> Перспектива применения импедансной спектроскопии для контроля состояния аккумуляторной батареи космического аппарата.....	35
<i>Нижниковский Е.А., Фрольченков В.В., Деменков М.Ю., Петренко Н.С., Белов И.С.</i> Принципы построения гибридных энергоустановок на основе топливных элементов, литий-ионных аккумуляторов и суперконденсаторов .....	38
<i>Никифоров Б.В., Чигарев А.В., Соколов Р.В.</i> Интеграция литий-ионных аккумуляторных батарей в электроэнергетические системы подводных лодок.....	39
<i>Попов В.А., Махоткин Д.Н.</i> Практика моделирования процессов переноса в электрохимической группе литий-ионного аккумулятора .....	43
<i>Попов В.А., Кулыга В.П., Лихоносков С.Д., Махоткин Д.Н.</i> Результаты анализа деградации электродов ЛИА при проведении ресурсных испытаний .....	46
<i>Гуртов А.С., Ивков С.В., Миненко С.И., Пушкин В.И., Фомакин В.Н., Харагезов Е.И.</i> Применение литий-ионной аккумуляторной батареи с феррофосфатным катодом в составе СЭП низкоорбитальных космических аппаратов.....	49

<i>Рыкованов А.С., Румянцев А.М., Логинова М.М., Краснобрыжий А.В., Жданов В.В.</i> Влияние материала катода литий-ионного аккумулятора на принципы построения высоковольтных батарей.....	53
<i>Шевченко Ю.М., Галкин В.В., Проценко Н.А.</i> Повышение энергетической эффективности литий-ионных аккумуляторных батарей для систем электропитания космических аппаратов конструктивными способами при сохранении надежности .....	55
<i>Щеколдин С.И.</i> Экспериментальная апробация российских материалов в литий-ионных аккумуляторах космического назначения .....	58
<b>ИСТОЧНИКИ ТОКА С ЛИТИЕВЫМ АНОДОМ .....</b>	<b>59</b>
<i>Апостолова Р.Д., Коломоец О.В., Шембель Е.М.</i> Закономерности электрохимического взаимодействия электролитических металлосульфидов с литием в исследованиях по методу потенциостатического импульсного титрования.....	59
<i>Белова А.И., Кузнецов С.С., Семенов Д.А.</i> Разработка электрокаталитических положительных электродов для литий-воздушных источников тока.....	63
<i>Визгалов В.А., Езепов И.С., Захарченко Т.К., Плешаков Е.А., Семенов Д.А.</i> Стеклокерамические твердые электролиты на основе структуры NASICON для литий-воздушных батарей .....	66
<i>Гуртов А.С., Ивков С.В., Миненко С.И., Пушкин В.И., Фомакин В.Н., Харагезов Е.И.</i> Результаты разработки, наземной отработки, лётной эксплуатации и особенности подготовки ампульных литий-тионилхлоридных батарей большой ёмкости .....	68
<i>Егоров А.М., Пуцылов И.А., Смирнов С.Е., Фатеев С.А.</i> Разработка композитных электродов для литиевых первичных элементов .....	73
<i>Захарченко Т.К., Езепов И.С., Визгалов В.А., Семенов Д.А.</i> Наноструктурированные композиционные материалы для электролитов литий-металлических аккумуляторов... ..	76
<i>Колосницын В.С., Иванов А.Л.</i> Оценка скорости взаимодействия полисульфидов лития с металлическим литиевым электродом в электролитных растворах на основе сульфолана .....	79
<i>Колосницын В.С., Карасева Е.В., Кузьмина Е.В., Hampson-Jones H., Ivanov G.</i> Литий-серные аккумуляторы – аккумуляторы нового поколения .....	82
<i>Колосницын В.С., Кузьмина Е.В., Карасева Е.В., Ivanov G., Swiatek A.B.</i> О саморазряде литий-серных аккумуляторов при длительном хранении .....	84
<i>Колосницын В.С., Нургалиев А.Р., Мочалов С.Э.</i> Аппаратно-программный комплекс для измерения тепловыделения электрохимических ячеек в процессе циклического заряда-разряда .....	88
<i>Мафтей А.Н., Ялюшев Н.И., Федотов Д.Б.</i> Особенности протекания электрохимических процессов в газовой среде литий-тионилхлоридных ХИТ .....	91
<i>Трофимов Б.А., Малькина А.Г., Прозорова Г.Ф., Носырева В.В., Коржова С.А., Мазяр И.В.</i> Активные катодные материалы на основе высокосернистых сополимеров для литиевых элементов .....	94
<i>Уваров Н.Ф., Матейшина Ю.Г., Улихин А.С., Стасенко П.А.</i> Литий-воздушные источники тока: проблемы и их возможные решения .....	96
<i>Фатеев С.А., Штолина Н.В.</i> Исследование сохраняемости Li-CF <sub>x</sub> источников тока для кардиостимуляторов .....	99
<i>Федотов Д.Б., Ялюшев Н.И., Мафтей А.Н.</i> Опыт применения литий-тионилхлоридных источников тока для ракетно-космической техники .....	103

<i>Ярмоленко О.В.</i> Фундаментальные основы создания литиевых источников тока для области низких температур .....	106
<b>ЭЛЕКТРОДЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АКУМУЛЯТОРОВ.....</b>	
<i>Антипов Е.В., Хасанова Н.Р., Дрожжин О.А.</i> Новые катодные материалы для литиевых аккумуляторов .....	109
<i>Артамонов С.В.</i> Обеспечение надежности и высоких удельных характеристик литиевых источников тока новыми технологиями .....	110
<i>Базанов М.И., Юрина Е.С., Минь До Нгок, Березина Н.М., Петров А.В.</i> Органические комплексы с металлами – катализаторы катодов химических источников тока .....	112
<i>Бердников А.Е., Гусев В.Н., Кулова Т.Л., Мироненко А.А., Наумов В.В., Попов А.А., Рудый А.С., Скундин А.М., Чурилов А.Б.</i> Технологические особенности изготовления анодов литий-ионных аккумуляторов на основе кремния .....	115
<i>Брежестовский М.С., Чемезов О.В., Аписаров А.П., Бушкова О.В.</i> Получение нановолокон кремния и испытание композита кремний – графит в качестве анодного материала для литий-ионных аккумуляторов с твердым полимерным электролитом.....	118
<i>Будзуляк И.М., Гуменюк Л.М., Ильницкий Р.В., Колковский П.И., Сичка М.Я.</i> Литиевые источники тока на основе диоксида титана, допированного цирконием .....	121
<i>Букатюк В.В., Мандзюк В.И.</i> Электрохимическое внедрение ионов лития в нанокompозит $Al_2O_3 - C$ .....	124
<i>Воробьев И.С., Смирнов С.Е., Жорин В.А., Смирнов С.С.</i> Исследование электродов на основе литий-титан фосфатов .....	127
<i>Гасюк И.М., Бойчук А.М., Угорчук В.В., Сичка М.Я., Ковальшын Т.Я.</i> Кинетика интеркаляции лития в модифицированную марганцевую шпинель .....	130
<i>Гасюк И.М., Угорчук О.М., Кайкан Л.С., Депутат Б.Я., Сичка М.Я.</i> Определение коэффициента диффузии ионов лития в $Fe_3O_4$ методом импедансной спектроскопии.....	134
<i>Гасюк И.М., Угорчук В.В., Угорчук О.М., Мокляк В.В., Яремий И.П., Бойчук А.М.</i> Нестехиометрические керамические композиты системы $TiO_2 - Fe_2O_3 - Li_2O$ как перспективные катодные материалы литиевых источников тока .....	137
<i>Глоба Н.И., Присяжный В.Д., Сирош В.А.</i> Характеристики пиритового электрода в соль-сольватных электролитах тетраглим – литиевая соль .....	141
<i>Горшков В.С., Царев Б.А.</i> Синтез и свойства композиций титанат лития – углерод.....	144
<i>Drozhdzhin O.A., Maduar S.R., Khasanova N.R., Vorotyntsev M.A., Antipov E.V.</i> Li-ion diffusion in $Li_xNb_9PO_{25}$ .....	147
<i>Журавлёв В.Д., Нефедова К.В., Щеголдин С.И.</i> Постановка на производство катодного материала $Li_{0.1/3}Mn_{1/3}Ni_{1/3}O_2$ .....	150
<i>Зотова А.Е., Махонина Е.В., Дубасова В.С., Николенко А.Ф., Пономарева Т.А., Аботурова Н.В., Политов Ю.А., Гонтарь И.В., Кедринский И.А., Первов В.С.</i> Влияние нанопокровов на основе углерода и оксидов алюминия на свойства катодных материалов .....	153
<i>Качибая Э.И., Пакидзе Т.В., Имнадзе Р.А.</i> Катодный материал для li-ионных аккумуляторов на основе нанокристаллической шпинели $LiMe_xNi_{0.5-x}Mn_{1.5}O_4$ .....	156
<i>Кедринский И.А., Махонина Е.В., Первов В.С., Ткачук С.А., Чудинов Е.А.</i> Характеристики катода лия с гель-полимерным электролитом .....	158
<i>Клёнушкин А.А., Евдокимов М.И., Медведев Б.С., Кабиров Ю.В., Шукаев И.Л.</i> Исследование оксидов и фосфатов железа (III) в качестве катода литиевых аккумуляторов.....	161



<i>Козьменкова А.Я., Семенов Д.А., Иткис Д.М., Гудилин Е.А.</i> Материалы для высокотоковых литий-ванадийоксидных аккумуляторов .....	164
<i>Косова Н.В., Девяткина Е.Т., Слободюк А.Б., Логинов А.С.</i> Механохимический синтез и сравнительный анализ структуры и электрохимических свойств $\text{LiMPO}_4$ и $\text{Li}_2\text{MPO}_4\text{F}$ (M=Mn, Fe, Co, Ni) .....	167
<i>Кулова Т.Л., Безносков С.Н.</i> Биологические объекты в литий-ионных аккумуляторах .....	170
<i>Лебедев О.Ю., Пешков А.Ф., Михайлова В.А., Дубасова В.С., Чупарова Л.Д., Каплунов В.Б., Николенко А.Ф., Пономарева Т.А.</i> Результаты разработки и подготовки производства углеродного анодного материала для литий-ионных аккумуляторов .....	172
<i>Летихин М.С., Курмангалиев Н.С., Курбатов А.П.</i> Поверхностные пленки при интеркаляции лития в тонкие углеродные слои .....	175
<i>Ли Г.В., Астрова Е.В., Кулова Т.Л., Скундин А.М.</i> Морфология пористой структуры кремния для анодов литий-ионных аккумуляторов .....	178
<i>Лубенец И.В., Шукаев И.Л.</i> Новый слоистый ниобат лития-железа(+2) – возможный материал для положительного электрода в литиевых ХИТ .....	181
<i>Матвеев А.А., Мухин В.В., Резвов С.А., Снопков Ю.В., Кулова Т.Л., Скундин А.М., Лихоносов С.Д., Каллут Ю.В., Лютова Е.В.</i> Разработка и результаты испытаний кобальтата лития отечественного производства в литий-ионных аккумуляторах .....	183
<i>Нагирна Н.И., Мандзюк В.И., Лисовский Р.П., Рачий Б.И., Мерена Р.И.</i> Электрохимическое внедрение ионов лития в пористый углеродный материал .....	188
<i>Никитин С.М., Рождествен А.В., Успенский А.И., Фатеев В.Н.</i> Проблемы организации производства отечественных материалов для ЛИА .....	191
<i>Петров А.Н., Щеколдин С.И.</i> Испытание и выбор катодных материалов различного состава. 193	
<i>Потапенко А.В., Чернухин С.И., Романова И.В., Кириллов С.А.</i> Физико-химические и электрохимические свойства $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$ , полученного цитратным методом .....	195
<i>Сахно Е.В., Холодов Е.В., Шельдешов Н.В.</i> Исследование структурных параметров электродов литий-ионного аккумулятора методом Гальваностатических включений и электрохимического импеданса .....	198
<i>Суслов Е.А., Бушкова О.В., Титов А.Н.</i> Исследование интеркаляции лития в $\text{TiX}_2$ (X = Se, S) .....	199
<i>Теруков Е.И., Никитин С.Е., Николаев Ю.А., Кулова Т.Л., Скундин А.М., Бобыль А.В.</i> Влияние фазового состава на характеристики положительного электрода на основе оксидов ванадия для малогабаритных литиевых аккумуляторов .....	202
<i>Францев Р.К., Попова С.С.</i> Фазовые превращения при катодном внедрении лантана и лития в $\text{MnO}_2$ -электрод .....	204
<i>Khasanova N.R., Drozhzhin O.A., Storogilova D.A., Panin R.V., Antipov E.V.</i> Fluorophosphate based cathode materials for Li-ion batteries .....	208
<i>Чуриков А.В., Волынский В.В., Ключев В.В., Гридина Н.А., Иванищев А.В., Романова В.О.</i> Электрохимические свойства катодного материала $\text{LiFePO}_4/\text{C}$ для литий-ионных батарей .....	210
<i>Чуриков А.В., Леенсон И.А., Волынский В.В., Ключев В.В.</i> Использование оксалата железа $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ для синтеза электродного материала $\text{LiFePO}_4$ .....	213
<i>Чуриков А.В., Романова В.О., Иванищев А.В., Чуриков М.А.</i> Механизм твердофазного синтеза $\text{LiFePO}_4$ из оксалата железа .....	215
<i>Чуриков А.В., Ушаков А.В., Гамаюнова И.М., Гридина Н.А.</i> Термодинамика химических реакций при твердофазном синтезе феррофосфата лития $\text{LiFePO}_4$ .....	218

<i>Чуриков А.В., Ушаков А.В., Розенков А.С., Чуриков М.А.</i> Электрохимическая характеристика и оптимизация синтеза композита $\text{LiFePO}_4/\text{c}$ с использованием сахарозы и лимонной кислоты как источника углерода.....	221
<i>Кулова Т.Л., Новикова С.А., Сафронов Д.В., Скундин А.М., Ярославцев С.А., Ярославцев А.Б.</i> Кинетика интеркаляции и деинтеркаляции лития в катодные материалы .....	224
<b>ЭЛЕКТРОЛИТЫ .....</b>	<b>227</b>
<i>Воронин В.И., Шерстобитова Е.А., Блатов В.А., Шехтман Г.Ш., Баталов Н.Н.</i> Литий-катионная проводимость и кристаллическая структура дифосфата лития $\text{Li}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .....	227
<i>Гафуров М.М., Кириллов С.А., Рабаданов К.Ш., Атаев М.Б.</i> Колебательные спектры и строение некоторых растворов электролитов для литий ионных аккумуляторов .....	230
<i>Глоба Н.И., Потапенко В.А., Присяжный В.Д.</i> Физико-химические и электрохимические свойства электролитов тетраглим- $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ и тетраглим- $\text{LiB}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ .....	233
<i>Дружинин К.В., Андреев О.Л., Баталов Н.Н.</i> Уравнение смешения для проводимости композиционных полимерных электролитов с различным соотношением фаз .....	237
<i>Евицк Е.Ю., Ярмоленко О.В., Шестаков А.Ф.</i> Новый класс сетчатых полимерных электролитов на основе ионных жидкостей .....	240
<i>Золотухина Е.В., Губанова Т.В., Гаркушин И.К.</i> Расплавленный электролит на основе эвтектического состава системы $\text{LiVO}_3 - \text{KCl} - \text{KBr}$ .....	243
<i>Ивашкевич А.Н.</i> Электропроводность многокомпонентных неводных растворов электролитов.....	246
<i>Ильина Е.А., Андреев О.Л., Антонов Б.Д.</i> Устойчивость твердого электролита $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ к дистиллированной воде .....	249
<i>Колосницын В.С., Карасева Е.В., Шеина Л.В., Кузьмина Е.В.</i> Электролитные системы на основе смесей сульфонов для литий-серных ячеек, работоспособных в широком диапазоне температур .....	252
<i>Колосницын В.С., Кузьмина Е.В., Мочалов С.Э., Карасева Е.В.</i> О возможности применения in-situ циклической вольтамперометрии для исследований изменения состава электролитов литий-серных ячеек в процессе циклирования .....	256
<i>Колосницын В.С., Шеина Л.В., Карасева Е.В.</i> Ассоциация и ионная подвижность бис-(трифторметилсульфонил) имида лития в сульфолане.....	259
<i>Лущикова О.И., Фролов Е.И., Гаркушин И.К.</i> Исследование трехкомпонентных систем $\text{LiF} - \text{LiBr} - \text{Li}_2\text{CrO}_4$ и $\text{LiCl} - \text{LiBr} - \text{Li}_2\text{CrO}_4$ .....	263
<i>Мальцева А.В., Губанова Т.В., Гаркушин И.К.</i> Расплавляемый электролит для среднетемпературных ХИТ.....	266
<i>Матейшина Ю.Г., Улихин А.С., Уваров Н.Ф.</i> Литий-ионные проводники на основе нитрита лития.....	269
<i>Пантюхина М.И., Щелканова М.С., Баталов Н.Н.</i> Исследование ионной проводимости твердых электролитов в системах $\text{Li}_2\text{O} - \text{ZrO}_2 (\text{Ce}_2\text{O}_3, \text{Nb}_2\text{O}_5)$ с помощью методов импедансной спектроскопии .....	272
<i>Расковалов А.А., Андреев О.Л., Денисова Т.А.</i> Оценка подвижности катионов лития в композите аморфный $\text{LiPO}_3$ – кристаллический $\text{MgO}$ методом ЯМР .....	276
<i>Романовская А.Е., Ярославцева Т.В., Бушкова О.В.</i> Механизм растворения солей $\text{Li}$ и $\text{Na}$ в полимерной матрице при получении пленок твердых полимерных электролитов методом полива из раствора .....	279

<i>Рудаков В.М., Дорофеева Т.В., Ярмоленко О.В., Фатеев С.А.</i> Электролит для литий-фторуглеродных источников тока без использования гамма-бутиролактона.....	282
<i>Смирнов К.С., Ловков С.С., Пуцылов И.А., Савостьянов А.Н., Смирнов С.С.</i> Разработка и исследование твердополимерных электролитов.....	285
<i>Улихин А.С., Матейшина Ю.Г., Матвиенко А.А., Уваров Н.Ф.</i> Транспортные свойства композиционных твердых электролитов с добавками высокодисперсного диоксида олова.....	288
<i>Хатмуллина К.Г., Румянцев А.М., Богданова Л.М., Ярмоленко О.В.</i> Олигоэфирдиакрилаты как новая полимеризующаяся добавка для органических электролитов Li-ионных аккумуляторов.....	290
<i>Хатмуллина К.Г., Ярмоленко О.В., Румянцев А.М., Жданов В.В.</i> Полимерные гель-электролиты на основе высокомолекулярного полиэтиленоксида для литий-ионных аккумуляторов.....	293
<i>Эркабаев А.М., Бушкова О.В., Попов С.Э.</i> Квантовохимическое исследование сольватации ионных пар, образованных солями лития в ацетонитриле.....	297
<i>Эркабаев А.М., Бушкова О.В., Попов С.Э.</i> Квантовохимические расчеты конфигурации и колебательных спектров ионных пар, образованных LiTDI.....	301
<i>Ярмоленко О.В., Дорофеева Т.В., Шестаков А.Ф.</i> Компактная формула для описания концентрационной зависимости проводимости органических электролитов в окрестности максимума.....	303
<i>Ярославцева Т.В., Резнических О.Г., Чижов Д.Л., Слепухин П.А., Русинов Г.Л., Бушкова О.В.</i> Синтез и свойства 4,5-динитрил-(2-трифторметил)имидазолида лития и электролит на его основе.....	306
<b>РАЗНЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	309
<i>Аргимбаева А.М., Курбатов А.П., Буркитбаева Б.Д.</i> Некоторые особенности растворения магния в диметилсульфоксидных электролитах.....	309
<i>Глоба Н.И., Пушик О.Б., Потапенко А.В., Присяжный В.Д., Чайка М.Ю., Агунов В.В.</i> Двухслойные суперконденсаторы с электролитом ацетонитрил-тетраметиламмоний бис(оксалат)борат .....	312
<i>Чайка М.Ю., Агунов В.В., Глотов А.В., Соляникова А.С., Горшков В.С.</i> Электродные материалы электрохимических конденсаторов на основе наноструктурных углеродных композитов.....	315
<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ</b> .....	318