

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

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ ИОНОВ ЛИТИЯ В ПОРИСТЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ

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

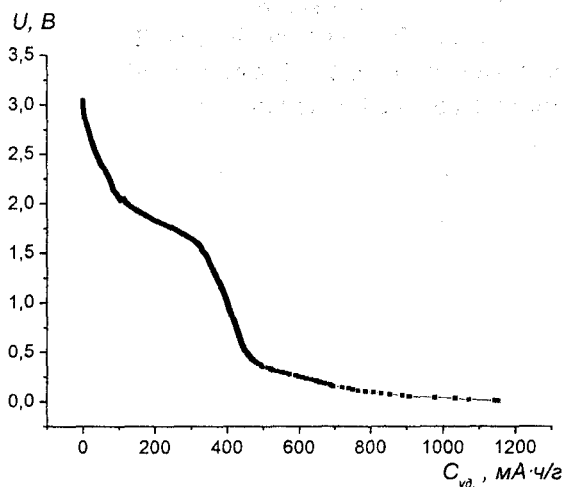
Прикарпатский национальный университет им. Василя Стефаника
Украина, 76025, г. Ивано-Франковск, ул. Шевченко, 57
e-mail: mandzyuk_vova@rambler.ru

Поиск эффективных электродных материалов для литиевых источников тока (ЛИТ) проводится с применением широкого спектра разных материалов – халькогенидов переходных металлов, цеолитов, оксидов металлов [1, 2]. В последние десятилетия особое внимание исследователей направлено на изучение порошковых углеродных материалов микро- и наноразмеров с целью их использования в качестве активной составляющей электродов первичных и вторичных ЛИТ. К ним принадлежат природный графит [3], высокоориентированный пиролитический графит [4], углеродные волокна [5], мезоуглеродные микробусы [6] и др.

В середине XX в. были сделаны активные попытки по замене углерод-водородного сырья органическим сырьем, т. е. традиционный пиролиз углеводородов заменили пиролизом некоторых органических соединений, например фенолформальдегидной или эпоксидной смол [7, 8]. Эти попытки дали возможность увеличить интеркаляционную емкость анодного материала до 600–700 мА·ч/г. Вскоре было предложено использовать органическое сырье природного происхождения, например растительное сырье, и отходы производства (сахарный тростник, бамбук, скорлупа кокосовых орехов, зерна какао, отходы хлопка, шелуха арахиса, риса, сои и др.) [9, 10].

В данной работе исследована возможность использования в качестве катодного материала ЛИТ пористого углеродного материала (ПУМ), полученного из косточек абрикоса. ПУМ получали путем карбонизации сырья в автоклаве в интервале температур $t = 600 \div 1100$ °С (температура изменялась скачкообразно с шагом 50 °С). Поскольку полученный материал характеризовался относительно высокой удельной электропроводимостью (по данным импедансной спектроскопии её значение составляло $2 \div 25 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$), то для формирования катода токопроводящая добавка не использовалась, а добавляли только 4 вес. % связующего материала. Анодом служил металлический литий, электролитом – одномолярный раствор LiBF_4 в γ -бутиролактоне.

Электрохимическое внедрение ионов лития осуществляли в гальваностатическом режиме при плотности тока 40 мкА/см². Степень внедрения ионов лития рассчитывали по формуле $x = MIt/nFm$, удельную емкость – $C_{\text{уд}} = It/m$, а удельную энергию $E_{\text{уд}}$ – как площадь под разрядной кривой $U = f(C_{\text{уд}})$ (см. рисунок).



Разрядная кривая электрохимического элемента на основе ПУМ

В табл. 1 представлены энергетические параметры электрохимических элементов на основе ПУМ, которые немонотонно зависят от температуры карбонизации с максимумом при $t = 750$ °С. Такое поведение обусловлено главным образом морфологией материала – удельной поверхностью, объемом пор и распределением пор по размерам, которые, в свою очередь, определяются режимами его получения (температурой, скоростью нагрева, давлением).

Таблица 1

Разрядные характеристики электрохимических элементов на основе ПУМ

Температура карбонизации, °С	x	$C_{уд}$, мА·ч/г	$E_{уд}$, Вт·ч/кг
600	0,33	730	325
650	0,36	800	445
700	0,39	866	575
750	0,51	1138	690
800	0,46	1025	779
850	0,44	984	977
900	0,27	593	643
950	0,26	571	500
1000	0,24	545	553
1050	0,39	877	754
1100	0,37	835	547

Определение структурно-сорбционных характеристик ПУМ проводили методом изотермической адсорбции / десорбции азота при температуре 77 К на автоматическом сорбтометре Quantachrome Autosorb (Nova 2200e).

Как следует из табл. 2, ПУМ характеризуется наличием высокоразвитой поверхности, основную часть которой составляет поверхность микропор (при $t = 600 \div 850$ °С $S_{micro} / S_{total} > 90$ %). При увеличении температуры карбонизации удельная поверхность материала уменьшается; уменьшается также величина S_{micro} / S_{total} . Подобные изменения претерпевают и объемные характеристики ПУМ. Наиболее вероятно, что с повышением температуры происходит изменение пористой структуры материала, вызванное поликонденсацией ароматических молекул, формированием углеродных шаров, что приводит к формированию менее пористых частиц углеродного материала при высоких температурах [11].

Таблица 2

Структурно-сорбционные характеристики ПУМ

Температура карбонизации, °С	Общая площадь поверхности S_{total} , м ² /г	Поверхность микропор S_{micro} , м ² /г	Общий объем пор, см ³ /г	Объем микропор, см ³ /г	Средний диаметр пор, нм
600	357	274	0,186	0,114	2,08
650	407	378	0,193	0,158	1,89
700	380	358	0,174	0,147	1,83
750	341	310	0,166	0,131	1,95
800	387	360	0,182	0,148	1,89
850	334	315	0,148	0,125	1,77
900	257	215	0,151	0,099	2,35
950	169	128	0,116	0,067	2,76
1000	44	39	0,031	0,021	2,80
1050	24	19	0,018	0,009	3,05
1100	17	16	0,011	0,006	3,12

При исследовании поведения пористых электродных материалов в разных по природе электролитах (водных или апротонных) следует учитывать и тот факт, что не вся поверхность материала может контактировать с электролитом. В первую очередь это относится к образцам с высокоразвитой микропористой структурой. Поэтому для таких материалов размер пор и их распределение по размерам являются теми факторами, кроме названных, которые определяют его энергетическую способность. Для ПУМ, (см. табл. 1) наблюдается корреляция между удельной емкостью и средним размером пор в интервале температур карбонизации $t = 600 \div 850$ °С. При повышении температуры хотя и наблюдается резкое увеличение среднего диаметра пор, которое, по-видимому, должно было привести и к увеличению удельной емкости, взаимосвязь между этими параметрами становится противоположной. Следовательно, при таких температурах размер пор оказывает меньшее влияние на энергоемкие характеристики ПУМ, чем величина удельной поверхности и объема пор.

Библиографические ссылки

1. Кедринский И.А., Дмитриенко В.Е., Грудянов И.И. Литиевые источники тока. М., 1992.
2. Первов В.С., Кедринский И.В., Махонина Е.В. Принципы подбора катодных материалов для циклируемых литиевых батарей // Неорганические материалы. 1997. Т. 33, № 9.
3. On the correlation between surface chemistry and performance of graphite negative electrodes for Li ion batteries / D. Aurbach [et al.] // *Electrochim. Acta*. 1999. Vol. 45.
4. Basu S. Early studies on anodic properties of lithium intercalated graphite // *J. Power Sources*. 1999. Vol. 82.
5. Optimization of the dimensions of vapor-grown carbon fiber for use as negative electrodes in lithium-ion rechargeable cells / K. Zaghbi [et al.] // *J. Electrochem. Soc.* 1998. Vol. 145.
6. Anodic performances of mesocarbon microbeads (MCMB) prepared from synthetic naphthalene isotropic pitch / Y.C. Chang [et al.] // *Carbon*. 1999. Vol. 37.
7. Xue J.S., Dahn J.R. Dramatic effect of oxidation on lithium insertion in carbons made from epoxy resins // *J. Electrochem. Soc.* 1995. Vol. 142.
8. Zheng T., Zhong Q., Dahn J.R. High-capacity carbons prepared from phenolic resin for anodes of lithium-ion batteries // *J. Electrochem. Soc.* 1995. Vol. 142.
9. Fey G.T.-K., Chen C.-L. High-capacity carbons for lithium-ion batteries prepared from rice husk // *J. Power Sources*. 2001. Vol. 97–98.
10. A mechanism of lithium storage in disordered carbons / K. Sato [et al.] // *Science*. 1994. Vol. 264.
11. Béguin F., Frackowiak E. Carbon materials for electrochemical energy storage systems. Boca Raton; London; New York, 2002.

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>Лиаев 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
ИСТОЧНИКИ ТОКА С ЛИТИЕВЫМ АНОДОМ	59
<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., Пуцьолов 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 _x 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
ЭЛЕКТРОДЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АКУМУЛЯТОРОВ.....	
<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 высокочастотных 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 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 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 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 LiFePO_4/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 LiFePO_4	213
<i>Чуриков А.В., Романова В.О., Иванищев А.В., Чуриков М.А.</i> Механизм твердофазного синтеза 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 LiFePO_4	218

<i>Чуриков А.В., Ушаков А.В., Розенков А.С., Чуриков М.А.</i> Электрохимическая характеристика и оптимизация синтеза композита LiFePO_4/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
ЭЛЕКТРОЛИТЫ	227
<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 LiPO_3 – кристаллический MgO методом ЯМР	276
<i>Романовская А.Е., Ярославцева Т.В., Бушкова О.В.</i> Механизм растворения солей Li и 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., Резницких 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
РАЗНЫЕ ВОПРОСЫ	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., Глов А.В., Соляникова А.С., Горшков В.С.</i> Электродные материалы электрохимических конденсаторов на основе наноструктурных углеродных композитов.....	315
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ	318