



III Всероссийская молодёжная конференция  
с элементами научной школы

## Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества

# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ



29 мая - 1 июня 2012 г.

Москва

<http://func.imetran.ru/>

Te	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te
114,82		114,82	118,710	118,710	121,75	121,75	127,60	114,82	114,82	114,82	118,710	118,710	121,75	121,75	127,60	114,82
74	La*	57	Hf	72	Ta	73	W	74	La*	57	Hf	72	Ta	73	W	74
138,905	138,905	178,49	180,948	180,948	183,84	183,84	186,21	138,905	138,905	138,905	178,49	178,49	180,948	180,948	183,84	186,21
24	Sc	21	Ti	22	V	23	Cr	24	Sc	21	Ti	22	V	23	Cr	24
44,95591	44,95591	47,88	50,9415	50,9415	51,9961	51,9961	51,9961	44,95591	44,95591	44,95591	47,88	47,88	50,9415	50,9415	51,9961	51,9961
Se	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se
78,9718	78,9718	72,63	72,63	72,63	74,9216	74,9216	74,9216	78,9718	78,9718	78,9718	72,63	72,63	72,63	74,9216	74,9216	74,9216
42	Y	39	Zr	40	Nb	41	Mo	42	Y	39	Zr	40	Nb	41	Mo	42
88,90584	88,90584	91,224	91,224	92,90638	92,90638	92,90638	95,94	88,90584	88,90584	88,90584	91,224	91,224	92,90638	92,90638	95,94	95,94
Te	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te
114,82		114,82	118,710	118,710	121,75	121,75	127,60	114,82	114,82	114,82	118,710	118,710	121,75	121,75	127,60	114,82

III Всероссийская молодёжная конференция  
с элементами научной школы

# Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества

## СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ



**29 мая – 1 июня 2012 г.**

ИМЕТ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева

Москва

УДК 66  
ББК 24.5  
Ф94

Ф94 III Всероссийская молодёжная конференция с элементами научной школы «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества». Москва. 28 мая – 1 июня 2012 г. / Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012, 662 с.

ISBN 978-5-4253-0401-8

В сборнике материалов опубликованы доклады III Всероссийской молодёжной конференции с элементами научной школы «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества», содержащие результаты фундаментальных исследований в области наук о материалах, включающих разработку физико-химических основ создания металлических и композиционных наноматериалов, керамики, интерметаллидов. В конференции приняли участие молодые научные сотрудники и аспиранты академических институтов, государственных научных центров, а также студенты высших учебных заведений России. Сборник предназначен для научных работников, специалистов, аспирантов, работающих в области наук о материалах, а также может быть полезен студентам старших курсов высших учебных заведений.

Материалы опубликованы в авторской редакции.

Сборник материалов доступен на сайте <http://func.imetran.ru/>

Проведение конференции поддержано фондом РФФИ (грант 12-03-06809-моб\_г) и ОХНМ РАН.

#### **Организаторы конференции**

Российская академия наук,  
Отделение химии и наук о материалах,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»

#### **Организационный комитет конференции**

Председатель – академик РАН Солнцев К.А. (ИМЕТ РАН, г. Москва)  
Зам. председателя – член-корр. РАН Бурханов Г.С. (ИМЕТ РАН, г. Москва)  
член-корр. РАН Юртов Е.В. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва)  
д.т.н. Колмаков А.Г. (ИМЕТ РАН, г. Москва)

#### **Члены оргкомитета**

Академик РАН Иевлев В.М. (ВГУ, г. Воронеж)  
Академик РАН Третьяков Ю.Д. (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)  
Академик РАН Саркисов П.Д. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва)  
Академик РАН Чурбанов М.Ф. (ИХВВ им. Г.Г. Десятых РАН, г. Нижний Новгород)  
Академик РАН Цветков Ю.В. (ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)  
Академик РАН Цивадзе А.Ю. (ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва)  
Член-корр. РАН Алымов М.И. (ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)  
Член-корр. РАН Баринов С.М. (ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)  
Член-корр. РАН Севастьянов В.Г. (ИОНХ им. Н.С. Курнакова РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва)  
Член-корр. РАН Гурьянов А.Н. (ИХВВ им. Г.Г. Десятых РАН, г. Нижний Новгород)

ISBN 978-5-4253-0401-8



9 785425 304018 >

© ИМЕТ РАН, РХТУ им. Д.И. Менделеева

# ЭЛЕКТРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО УГЛЕРОДА

**Мандзюк В.И., Нагирна Н.И.**

*Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника,  
ул. Шевченка, 57, Ивано-Франковск, 76025, Украина  
[mandzyuk\\_vova@rambler.ru](mailto:mandzyuk_vova@rambler.ru), [n.nagirna@mail.ru](mailto:n.nagirna@mail.ru)*

Ключевые слова: пористый углерод, сканирующая электронная микроскопия, трансмиссионная электронная микроскопия, микрозондовый анализ, электрохимический элемент

Пористый углерод (ПУ), благодаря своим уникальным свойствам (высокоразвитой удельной поверхности и пористой структуре, высокой электропроводимости), в последние десятилетия стал предметом интенсивных исследований как в области катализа и сорбции, так и электрохимии. В последнем случае он зарекомендовал себя как перспективный электродный материал для электрохимических конденсаторов (симметричных, гибридных, псевдоемкостных) и литиевых источников питания (первичных или вторичных). Основным методом получения ПУ является карбонизация исходного сырья при разных температурах с последующей газовой активацией. Выбор режимов карбонизации и активации будет предопределять структуру и морфологию ПУ, от которых, в свою очередь, будут зависеть энергоемкие показатели (удельные емкость и энергия) источников генерации и накопления электрической энергии.

В данной работе проведены исследования влияния температуры карбонизации растительного сырья на удельные параметры электрохимических элементов на основе ПУ, полученного из косточек абрикоса. Температура карбонизации изменялась каждые 50°C в интервале 600 ÷ 1100°C. В процессе карбонизации происходит термическое разложение (пиролиз) сырья, которое сопровождается выделением летучих материалов и формированием пористой структуры материала. Увеличение температуры приводит к зарождению графитовых включений, которые при последующем нагреве увеличиваются и образуют упорядоченные графитовые шары.

Как следует из данных сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (рис. 1), полученный ПУ независимо от температуры карбонизации содержит неоднородные по размерам микрочастицы, пронизанные круглыми или овальными транспортными порами величиной 0,4 ÷ 3 мкм. При увеличении температуры карбонизации количество таких пор на единицу площади частицы уменьшается и при достижении достаточно высоких температур (> 1000°C) они становятся неразличимыми. Предположительно, что с повышением температуры происходит изменение пористой структуры материала, вызванное поликонденсацией ароматических молекул и формированием углеродных шаров, что приводит к образованию менее пористых частиц. Последнее под-

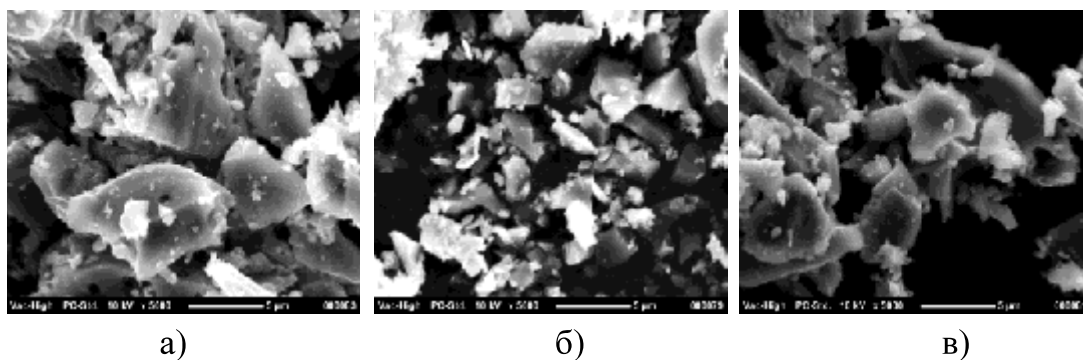


Рис. 1. СЭМ изображение частиц ПУ, полученного при температуре карбонизации 750°C (а), 900°C (б) и 1100°C

тверждается данными адсорбции / десорбции азота, согласно которым общий объем пор для ПУ, полученного при температуре 750°C, составляет 0,166 см<sup>3</sup>/г, а при температуре 1100°C – 0,011 см<sup>3</sup>/г. Кроме этого, на поверхности частиц ПУ независимо от температуры карбонизации, наблюдаются разного рода включения. Согласно данным микрозондового анализа, проведенного методом трансмиссионной электронной микроскопии, эти включения, в зависимости от выбора области, с которой получены результаты, содержат большое количество кислорода (50 ÷ 85 ат. %), кремния (2 ÷ 40 ат. %), калия (1 ÷ 45 ат. %), натрия (1 ÷ 38 ат. %), кальция (1 ÷ 10 ат. %), железа (1 ÷ 45 ат. %), магния (0,1 ÷ 22 ат. %) (во внимание не принимался углерод, количество которого в разных областях составляло более 80 ат. %). Наличие этих элементов в ПУ обусловлено его органическим происхождением.

На основе ПУ формировали электрохимические элементы, в которых анодом служил металлический литий, электролитом – одномолярный раствор LiBF<sub>4</sub> в  $\gamma$ -бутиролактоне. Электрохимическое внедрение ионов лития осуществляли в гальваностатическом режиме при плотности тока 40 мкА/см<sup>2</sup>. Как следует из полученных результатов, энергетические параметры электрохимических элементов на основе ПУ немонотонно зависят от температуры карбонизации, проявляя максимум при 750°C. 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). В частности, значение удельной емкости при этой температуре составляет 1138 мА·ч/г, а удельной энергии – 690 Вт·ч/кг.