

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ
ЭНЕРГЕТИКА**

Том 24 № 4 2024

Основан в 2001 г. Founded in 2001
Выходит 4 раза в год 4 issues per year

ISSN 1608-4039

Главный редактор

д-р хим. наук, проф. *И. А. Казаринов* (Россия)

Заместитель главного редактора

д-р хим. наук, проф. *А. М. Скундин* (Россия)

Ответственный секретарь

д-р хим. наук, доц. *М. М. Бурашникова* (Россия)

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук *Д. В. Агафонов* (Россия)
д-р хим. наук, ст. науч. сотр. *Ю. М. Вольфович* (Россия)
д-р хим. наук *В. Е. Гутерман* (Россия)
проф. *Амбеш Дикси* (Индия)
д-р хим. наук, проф. *Ю. А. Добровольский* (Россия)
канд. хим. наук, ст. науч. сотр. *В. В. Жданов* (Россия)
д-р хим. наук, проф. *Ю. П. Зайков* (Россия)
д-р хим. наук *А. В. Иванисhev* (Россия)
д-р техн. наук, проф. *Ю. Б. Каменев* (Россия)
д-р хим. наук, ст. науч. сотр. *С. А. Кириллов* (Украина)
д-р хим. наук, проф. *В. С. Колосницын* (Россия)
д-р хим. наук *Н. В. Косова* (Россия)
д-р хим. наук, проф. *Н. Д. Кошель* (Украина)
д-р техн. наук, проф. *Н. В. Кулешов* (Россия)
д-р хим. наук *Т. Л. Кулова* (Россия)
д-р хим. наук, доц. *А. П. Курбатов* (Казахстан)
проф. *Весселин Найденов* (Болгария)
д-р хим. наук, проф. *С. С. Попова* (Россия)
д-р хим. наук, проф. *В. Н. Фатеев* (Россия)
д-р хим. наук, акад. РАН *А. Б. Ярославцев* (Россия)

**Адрес учредителя, издателя
и издательства (редакции):**

Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
Саратовский университет, Институт химии
Редакция журнала «Электрохимическая энергетика»
Тел. +7-8452-516413

<http://energetica.sgu.ru>

E-mail: info@energetica.sgu.ru, burashnikova_mm@mail.ru

**ELEKTROKHMICHESKAYA
ENERGETIKA**

Electrochemical Energetics
Volume 24 No. 4 2024

Founded in 2001

4 issues per year

Editor-in-Chief

Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Ivan A. Kazarinov* (Russia)

Deputy Editors-in-Chief

Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Alexander M. Skundin* (Russia)

Executive Secretary

Dr. Sci. (Chem.) *Marina M. Burashnikova* (Russia)

Editorial Board:

Cand. Sci. (Techn.) *Dmitrii V. Agafonov*
Dr. Sci. (Chem.) *Yury M. Volfkovich* (Russia)
Dr. Sci. (Chem.) *Vladimir E. Guterma* (Russia)
Dr., Associate Professor *Ambesh Dixit* (India)
Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Yury A. Dobrovol'skii* (Russia)
Cand. Sci. (Chem.) *Vasilii V. Zhdanov* (Russia)
Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Yurii P. Zajkov* (Russia)
Dr. Sci. (Chem.) *Aleksandr V. Ivanishchev* (Russia)
Professor, Dr. Sci. (Techn.) *Yury B. Kamenev* (Russia)
Dr. Sci. (Chem.) *Svyatoslav A. Kirillov* (Ukraine)
Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Vladimir S. Kolosnitsyn* (Russia)
Dr. Sci. (Chem.) *Nina V. Kosova*
Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Nikolay D. Koshel* (Ukraine)
Professor, Dr. Sci. (Techn.) *Nikolay V. Kuleshov* (Russia)
Dr. Sci. (Chem.) *Tatiana L. Kulova* (Russia)
Dr. Sci. (Chem.) *Andrey P. Kurbatov* (Kazakhstan)
Professor *Vesselin Naydenov* (Bulgaria)
Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Svetlana S. Popova* (Russia)
Professor, Dr. Sci. (Chem.) *Vladimir N. Fateev* (Russia)
Dr. Sci. (Chem.), Academician of RAS
Andrey B. Yaroslavl'tsev (Russia)

Address for Correspondence:

83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia
Saratov State University,
Institute of Chemistry
Editorial Office «Electrochemical Energetics»
Tel. +7-8452-516413

Журнал включён в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертационных исследований на соискание учёной степени доктора и кандидата наук (категория K2, специальности: 1.4.4 (хим. науки), 1.4.6 (хим. науки), 2.6.9 (хим. и техн. науки))

Журнал входит в Международную базу данных DOAJ

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора

Чикишев С. А., Иванов А. В., Строева А. Ю., Бервицкая О. С., Ичетовкина В. А., Ичетовкин З. Н., Бобро М. С., Воротников В. А., Дувакин А. М., Кузьмин А. В. Применение метода распределения времён релаксации для анализа поляризационного сопротивления трубчатых ТОТЭ

173

Иванов А. В., Чикишев С. А., Бервицкая О. С., Ичетовкина В. А., Ичетовкин З. Н., Фоминых А. М., Воротников В. А., Бобро М. С., Кузьмин А. В. Улучшение характеристик трубчатых ТОТЭ за счёт применения никель-кобальтового сплава в составе композитного анода

174

Строева А. Ю., Воротников В. А., Бервицкая О. С., Ичетовкина В. А., Ичетовкин З. Н., Дувакин А. М., Ананченко Б. А., Кузьмин А. В. Влияние методики синтеза на микроструктуру материалов допированного цирконата лантана

180

Фёдоров Н. А., Уваров Н. Ф., Улихин А. С. Получение полимерных электролитов на основе полиуретанового эластомера методом набухания

185

Бервицкая О. С., Ичетовкина В. А., Бобро М. С., Строева А. Ю., Кузьмин А. В. Электрохимические характеристики $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{Sc}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{O}_{3-\delta}$ катода в контакте с $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{3-\delta}$ протон-проводящим электролитом

191

Хохлова М. О., Шубникова Е. В., Тропин Е. С., Брагина О. А., Немудрый А. П. Использо-

196

вание микротрубчатых твердооксидных элементов для совместного электролиза углекислого газа и водяного пара

201

Опарина Д. В., Ичетовкин З. Н., Чикишев С. А., Ичетовкина В. А., Бервицкая О. С., Строева А. Ю., Кузьмин А. В. Влияние микроструктуры трубчатой основы ТОТЭ на формирование пленочного слоя электролита SSZ

206

Мамонова В. Е., Шубникова Е. В., Арапова М. В., Брагина О. А., Немудрый А. П. Квазиравновесное выделение кислорода из оксидов, применяемых в качестве электродов твердооксидных топливных элементов и электролизеров

211

Кызласова Д. А., Улихин А. С., Уваров Н. Ф. Композитные твердые электролиты на основе соли N-метил-N-пропилпиперидиния, допированной литием

216

Мальбахова И. А., Багисhev А. С., Воробьев А. М., Борисенко Т. А., Улихин А. С., Титков А. И. Получение несущих электролитов на основе оксида церия, допированного самарием, методом гибридной струйной печати

221

Кунгурцев Ю. Е., Пономарева В. Г. Протонная проводимость модифицированных полимерных мембран на основе CsH_2PO_4

227

ХРОНИКА

ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ ЗАЙКОВ

(к семидесятипятилетию со дня рождения)

232

ISSN 1608-4039 (print)
ISSN 1680-9505 (online)

Электронная версия журнала представлена на сайте: <https://energetica.sgu.ru/>
Она содержит общую информацию о журнале: правила приема и оформления рукописей статей, порядок рецензирования, условия подписки, а также полные версии номеров журнала с 2012 г., аннотации статей и ключевые слова на русском и английском языках

CONTENTS

From the Editor

Chikishev S. A., Ivanov A. V., Stroeve A. Yu., Bervitskaya O. S., Ichetovkina V. A., Ichetovkin Z. N., Bobro M. S., Vorotnikov V. A., Duvakin A. M., Kuzmin A. V. Application of the distribution of relaxation times method for the analysis of the polarization resistance of tubular SOFC

173

Ivanov A. V., Chikishev S. A., Bervitskaya O. S., Ichetovkina V. A., Ichetovkin Z. N., Fominykh A. M., Vorotnikov V. A., Bobro M. S., Kuzmin A. V. Application of nickel-cobalt alloy in the composite anode to enhance characteristics of tubular SOFCs

174

Stroeve A. Yu., Vorotnikov V. A., Bervitskaya O. S., Ichetovkina V. A., Ichetovkin Z. N., Duvakin A. M., Ananchenko B. A., Kuzmin A. V. The effect of synthesis technique on the microstructure of doped lanthanum zirconate materials

180

Fedorov N. A., Uvarov N. F., Ulihin A. S. Preparation of polymer electrolytes based on polyurethane elastomer by the swelling method

185

Bervitskaya O. S., Ichetovkina V. A., Bobro M. S., Stroeve A. Yu., Kuzmin A. V. Electrochemical characteristics of the $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{Sc}_{0.4}\text{Mn}_{0.6}\text{O}_{3-\delta}$ cathode contacting the $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{3-\delta}$ proton-conducting electrolyte

191

196

Khokhlova M. O., Shubnikova E. V., Tropin E. S., Bragina O. A., Nemudry A. P. Microtubular solid oxide cells for carbon dioxide and water steam co-electrolysis

201

Oparina D. V., Ichetovkin Z. N., Chikishev S. A., Ichetovkina V. A., Bervitskaya O. S., Stroeve A. Yu., Kuzmin A. V. The influence of the microstructure of the SOFC tubular basis on the formation of the film layer of the SSZ electrolyte

206

Mamonova V. E., Shubnikova E. V., Arapova M. V., Bragina O. A., Nemudry A. P. Quasi-equilibrium oxygen release from oxides used as electrodes in solid oxide fuel cells and electrolyzers

211

Kyzlasova D. A., Ulihin A. S., Uvarov N. F. Composite solid electrolytes based on lithium doped N-methyl-N-propylpiperidinium salt

216

Malbakhova I. A., Bagishev A. S., Vorobyev A. M., Borisenko T. A., Ulihin A. S., Titkov A. I. Fabrication of supporting electrolytes based on samarium doped cerium oxide by hybrid inkjet printing

221

Kungurtsev Yu. E., Ponomareva V. G. Proton conductivity of modified polymeric membranes based on CsH_2PO_4

227

CHRONICLE

To the 75th Anniversary Yury P. Zaikov

232

ISSN 1608-4039 (print)

ISSN 1680-9505 (online)

The electronic version of the journal is presented on the website:
<https://energetica.sgu.ru/>

It contains general information about the journal: the rules for accepting and formatting manuscripts, the procedure for reviewing, subscription terms, as well as full versions of journal issues since 2012, abstracts of articles and keywords in Russian and English