

Обновление генерирующего комплекса Нижегородской и Свердловской области позволит существенно повысить энергоэффективность экономики областей и снизить экологическую нагрузку на территории.

#### Список использованных источников

1. Использование биотоплива на котельных северных районов Нижегородской области на 2015-2020 годы [Электронный ресурс]. URL <http://nn-news.net/other/2014/07/31/46811.html> (дата обращения 06.10.2017)
2. Головков С. И., Коперин И. Ф., Найденов В. И. Энергетическое использование древесных отходов. – М. : Лесн. пром-сть, 1987. – 224 с.
3. ИАА «ИНФОБИО»: [Электронный ресурс]. URL <http://www.infobio.ru> (Дата обращения 07.10.2017).
4. Вовлечение местных топливных ресурсов в топливный баланс Свердловской области до 2020 года: постановление правительства Свердловской области от 1 октября 2015 года № 879-ПП.

УДК 544.651

### **КИНЕТИКА ЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ**



### **ELECTRODE KINETICS IN THE SYSTEM**



Усов Г. Р., Еремин В. А., Ходимчук А. В., Тропин Е. С.,  
Фарленков А. С., Антонова Е. П., Ананьев М. В.  
Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
[Usovg29@gmail.com](mailto:Usovg29@gmail.com)

Usov G. R., Eremin V. A., Khodimchuk A. V., Tropin E. S.,  
Farlenkov A. S., Antonova E. P., Ananyev M. V.  
Institute of High-Temperature Electrochemistry, UB RAS,  
Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** Получены зависимости поляризационного сопротивления для электрода  $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$  в контакте с  $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{1.9}$  электролите в интервале температур 600–700 °С и давлений кислорода 2,3–520 кПа. С помощью данных изотопного обмена и импедансной спектроскопии установлено, что в указанном интервале температур и  $p\text{O}_2$  электродный процесс в исследуемой системе определяется тремя стадиями: обмен и диффузия кислорода в  $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$  и диффузия кислорода по газовой фазе.

**Abstract:** The polarization resistance dependences for the  $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$  electrode in contact with the  $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{1.9}$  electrolyte in the temperature range 600–700 °С and oxygen pressures of 2.3-520 kPa were obtained. Using the isotopic exchange and impedance spectroscopy data it was established that in the investigated ranges of T and  $p\text{O}_2$  the electrode process in the system is determined by three stages: oxygen exchange and diffusion in  $\text{SmBaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$  and oxygen diffusion over the gas phase.

**Ключевые слова:** импеданс, поляризационное сопротивление, кислородный электрод, лимитирующая стадия.

**Key words:** impedance, polarization resistance, oxygen electrode, limiting stage.

Кинетика электродных процессов оказывает значительное влияние на эффективность работы твердооксидных топливных элементов. В настоящий момент существует множество работ, в которых методом импедансной спектроскопии проводятся исследования различных твердооксидных электрохимических ячеек. Описание полученных спектров импеданса обычно проводят с помощью метода эквивалентных схем. Отдельные элементы таких схем характеризуют какие-либо физико-химические процессы, протекающие в реальной изучаемой ячейке. Однако выбор эквивалентной схемы в каждом конкретном случае может быть неочевидным, так как общих подходов к анализу годографа нет. Существенным продвижением в решении проблемы выделения отдельных стадий электродного процесса может стать измерение

скоростей отдельных стадий независимыми методами. Одним из таких методов может служить метод изотопного обмена. В рамках настоящей работы впервые разработан подход к исследованию механизма электродного процесса с привлечением данных по изотопному обмену на примере электрохимической ячейки  $O_2, SmBaCo_2O_{6-\delta}(SBC)|Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{1.9}(CSO)|SmBaCo_2O_{6-\delta}, O_2$ .

Порошки SBC и CSO были получены по глицерин-нитратной технологии и обратного осаждения соответственно. Из полученных материалов были изготовлены симметричные ячейки SBC|CSO|SBC. Сечение симметричной ячейки, полученное методом РЭМ (MIRA 3 LMU, TESCAN), показано на рис. 1, а. Методом анализа изображений [1] получены данные о микроструктуре электродов (пористость электрода, средний диаметр пор, средний диаметр частиц фазы SBC, фактор извилистости).

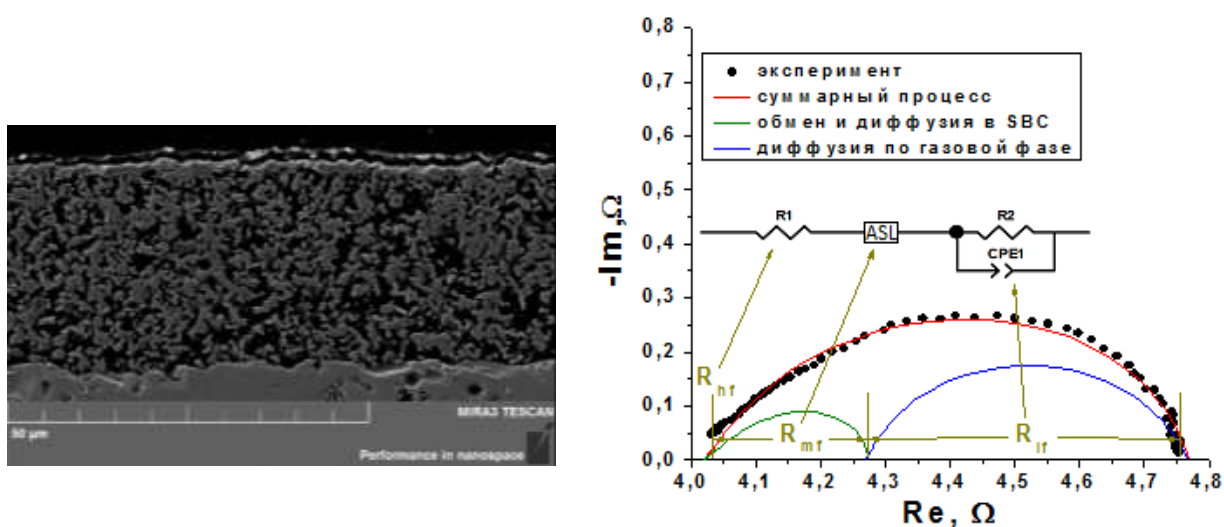


Рис. 1. а) микрофотография участка сечения электрода в режиме вторичных электронов; б) годограф импеданса для симметричной ячейки  $O_2, SBC | CSO | SBC, O_2$  ( $T = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $pO_2 = 0,63 \text{ кПа}$ )

Спектры импеданса получены в интервале температур 600–700 °C и  $pO_2$  2,3–520 кПа на импедансметрах Z-500PRO (Elins, Россия) и VersaSTAT 4 (АМТЕК, США) в интервале частот 10 кГц–0,01 Гц с амплитудой переменного напряжения 50 мВ. Используя значения  $r_H$  и  $D$  для SBC, полученные ранее методом изотопного обмена [2], и параметры микроструктуры электродов, в рамках

модели Адлера-Лэйна-Стилла [3] вычислены вклад обмена и диффузии кислорода SBC в общий импеданс электродной системы. Установлено, что в общий импеданс электродного процесса вносят вклад не только обмен и диффузия кислорода в SBC ( $R_{mf}$ ), но и ещё некоторый низкочастотный процесс ( $R_{lf}$ ) (рис. 1б), который можно описать параллельно соединёнными элементами  $R$  и  $CPE$ .

На рис. 2 представлены зависимости в координатах Аррениуса  $R_{mf}$  и  $R_{\eta}$  ( $R_{\eta} = R_{mf} + R_{lf}$ ). Зависимость  $R_{mf}$  от температуры имеет аррениусовский вид, тогда как зависимость  $R_{lf}$  линеаризуется в координатах  $\frac{1}{R_{lf}} = f(\sqrt{T})$ , что указывает на кнудсеновскую диффузию по газовой фазе.

Таким образом, с помощью двух методов (ИО и СЭИ) удалось однозначно выделить три стадии электродного процесса в исследованной симметричной ячейке: обмен и диффузию кислорода в SBC и диффузию кислорода по газовой фазе.

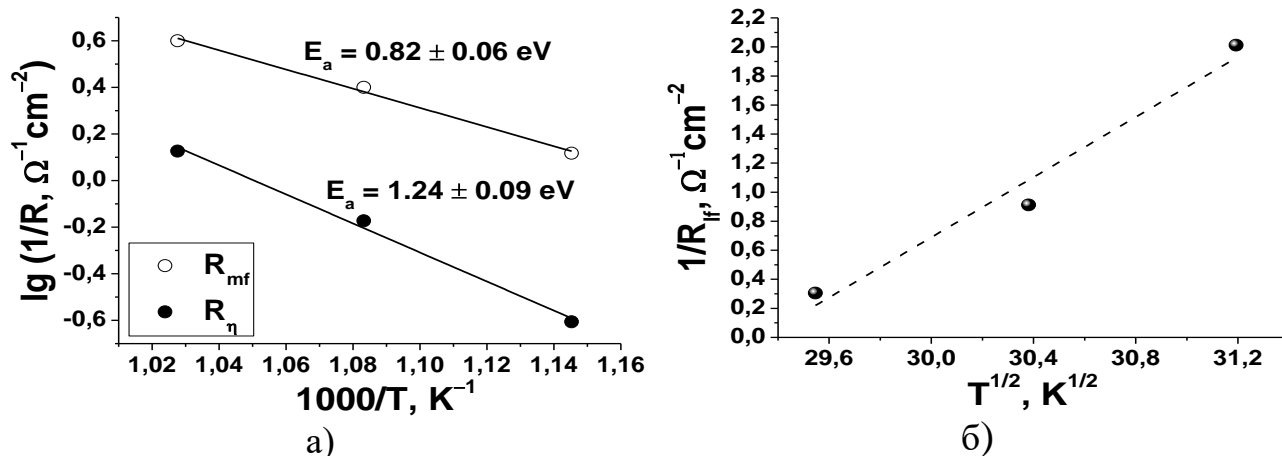


Рис. 2. Зависимость обратных величин сопротивлений от температуры (а); зависимость обратной величины сопротивления от корня температуры,  $p_{\text{O}_2} = 0,63 \text{ кПа}$  (б)

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 17-73-10196 с использованием оборудования центра коллективного пользования «Состав вещества» ИВТЭ УрО РАН.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ananyev M. V., Bronin D. I., Osinkin D. A. et al. // Journal of Power Sources. 2015. Vol. 286. P. 414–426.
2. Ananyev M. V., Eremin V. A., Tsvetkov D. S. et al. // Solid State Ionics. 2017. Vol. 304. P. 96–106.
3. Adler S. B., Lane J. A., Steele B. C. // Journal of The Electrochemical Society. 1996. Vol. 143. N 11. P. 3554–3564.

УДК 620.97

## СОЛНЕЧНЫЙ ОПРЕСНИТЕЛЬ БАСЕЙНОВОГО ТИПА

### SOLAR DESALTER OF THE BASIN TYPE

Усова М. А., Попов А. И.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
sveropov@rambler.ru

Usova M. A., Popov A. I.

Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** В работе изложен принцип действия солнечного опреснителя бассейнового типа. Проанализирована важность опреснения воды. Рассмотрена конструкция солнечного опреснителя. Сделаны выводы о преимуществах использования установки данного типа.

**Abstract:** The work is described the principle of the action of a solar desalter of the basin type. The importance of desalination of water is analyzed. The design of the solar desalter is considered. The advantages of using this type of installation were explained.

**Ключевые слова:** солнечный опреснитель; возобновляемые источники энергии; опреснение воды.

**Key words:** a solar desalter; renewable energy sources; desalination of water.