

УДК 544.65

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГООТДАЧИ ФТОРУГЛЕРОДНОГО КАТОДА

И. А. Пуцылов, М. В. Негородов, П. Д. Иванов, С. Е. Смирнов, С. А. Фатеев<sup>✉</sup>

*Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
111250, Россия, Москва, Красноказарменная, 14*

<sup>✉</sup> E-mail: serfat@list.ru

Поступила в редакцию: 07.04.2020 / Принята: 28.04.2020 / Опубликовано: 30.06.2020

Рассмотрены различные аспекты создания литий-фторуглеродных источников тока. Исследованы электрохимические характеристики электродов, при изготовлении которых были использованы различные композиции фторуглерода и ванадата серебра. Установлено, что наилучшими характеристиками обладают электроды на основе массового соотношения  $CF_x : SVO$  82.5 : 7.5. Композитные электроды имеют существенные преимущества по разрядному потенциалу, емкости и стабильности по сравнению с фторуглеродными.

*Ключевые слова:* фторуглерод, ванадат серебра, фторуглеродно-литиевый элемент.

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

### Increasing the Energy Output of the Fluorocarbon Cathode

**Ivan A. Putsylov**, <https://orcid.org/0000-0002-4905-9914>, putsylov@yandex.ru

**Michael V. Negorodov**, <https://orcid.org/0000-0001-6468-0197>, mnegorodov@mail.ru

**Pavel D. Ivanov**, <https://orcid.org/0000-0001-8380-5004>, pa1995@mail.ru

**Sergey E. Smirnov**, <https://orcid.org/0000-0002-5493-4197>, sesmirnov53@mail.ru

**Sergey A. Fateev**<sup>✉</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-2553-9910>, serfat@list.ru

*National Research University "Moscow Power Engineering Institute"  
14, Krasnokazarmennaya St., Moscow 111250, Russia*

Received: 07 April 2020 / Accepted: 28 April 2020 / Published: 30 June 2020

Various features of creation of the lithium-fluorocarbon power sources were considered. The electrochemical characteristics of the electrodes, which were manufactured using various compositions of fluorocarbon and silver vanadate, were studied. It was found that the electrodes based on the mass ratio  $CF_x : SVO$  82.5 : 7.5 show the best properties. The composite electrodes have significant advantages in discharge potential, capacity and stability compared with the fluorocarbon ones.

*Keywords:* fluorocarbon, silver vanadate, fluorocarbon-lithium cell.

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

**DOI:** <https://doi.org/10.18500/1608-4039-2020-20-2-61-67>

## ВВЕДЕНИЕ

Многообразие потребителей с различными электрическими характеристиками требует производства большого количества вариантов источников тока, поэтому ведется активное изучение новых перспективных материалов и методов их обработки для

создания электрохимических систем с улучшенными характеристиками. На современном этапе из множества видов наиболее перспективными являются литиевые источники тока (ЛИТ), которые получили широкое распространение во всех областях техники. Обладающие уникальными эксплуатационными и электрическими характери-

стиками, они вносят существенный вклад в обеспечение электропитанием целого ряда технических устройств: слуховые аппараты и приборы контроля артериального давления, кардиостимуляторы, радиоприемники и сотовые телефоны, электронные часы и калькуляторы, пульта дистанционного управления и дозиметры, приборы ночного видения и детские игрушки, брелки управления охранной сигнализацией и защита памяти электронных устройств (ЭВМ, счетчиков электроэнергии, кассовых аппаратов) [1–3].

С развитием технического прогресса требуются источники тока с повышенной энергоотдачей, высокой емкостью и малого габарита. В настоящее время в нашей стране проводятся разработки капсульного эндоскопического медицинского оборудования, такого как, например, диагностический комплекс на основе видеокапсульной эндоскопии (ВКЭ), который предназначен для исследований тонкой кишки [4, 5]. Эндоскопическая видеокапсула включает в себя миниатюрную видеокамеру, источник света, передатчик и источник тока, который должен обеспечивать наилучшее качество передаваемых фотографий для получения максимальной информации.

В работе [5] было предложено использовать литий-фторуглеродный ХИТ, который показал свои преимущества по сравнению с серебряно-цинковым. Однако определенные проблемы в импульсных режимах остались. Использование различных добавок к фтористому углероду может существенно улучшить электрохимические характеристики ХИТ без значительного снижения емкости. Так, применение ванадата серебра  $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$  (SVO) в качестве добавки способно существенно поднять импульсные токи источника. Ранее было показано, что повысить параметры литиевых элементов можно за счет использования композитных катодов, содержащих первый активный материал с относительно высокой плотностью энергии, но с относительно низкой скоростью разряда, например фторуглерод, и второй катодный активный материал, имеющий относительно низкую плотность энергии, но с относительно высокой скоростью разряда, например ванадат серебра [6–9]. Как правило, исследования характеристик источников тока проводят либо в гальваностатическом режиме, либо при разряде на постоянное сопротивление. В то же время для решения целого ряда задач большой интерес представляет прерывистый режим разряда, подразумевающий резкое увеличение тока, например, в 10 раз больше

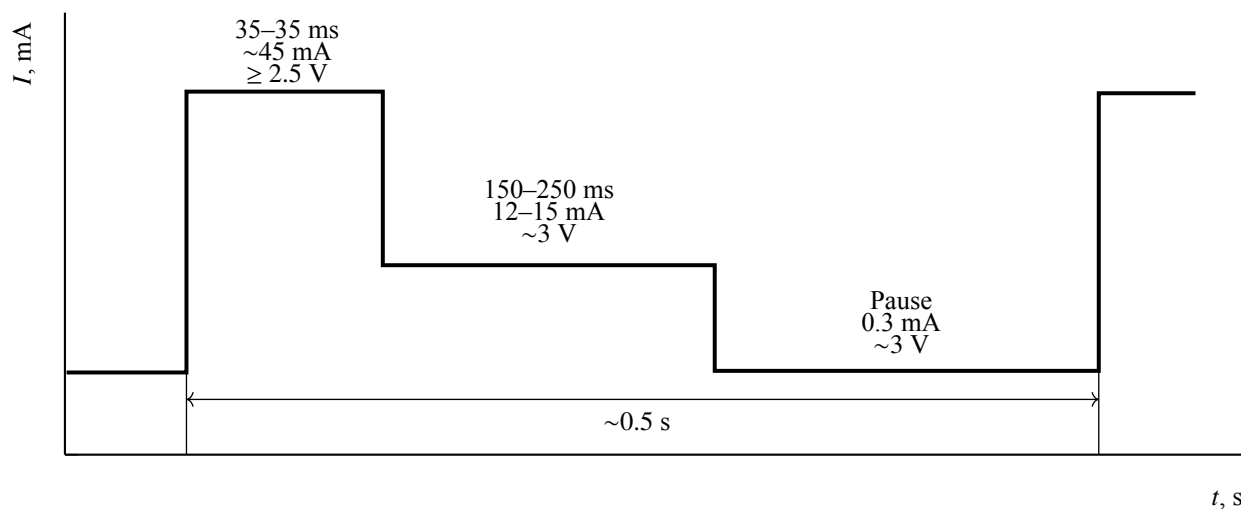


Рис. 1. График нагрузки источника тока в гастрокапсуле

Fig. 1. The plot of the current source load in gastro capsule

номинального значения. Так, режим работы источника тока эндоскопической видеокапсулы осуществляется по весьма жесткой циклограмме нагрузки, представленной на рис. 1. В связи с вышеизложенным представляло интерес исследовать влияние на емкость и характеристики электродов различных рецептур катодных масс.

Цель настоящей работы состояла в создании высокоэнергоемких катодов на основе фторированного углерода при эксплуатации в жесткой циклограмме нагрузки.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для синтеза ванадата серебра были использованы азотнокислое серебро и пентаоксид ванадия квалификации х.ч. Исходную смесь порошкообразных компонентов в мольном соотношении 1:1 перемешивали в ступке, а затем подвергали пластическому деформированию на аппаратуре высокого давления типа наковален Бриджмена. Обработку осуществляли под давлением 1.7 ГПа при комнатной температуре на наковальнях из твердого сплава ВК6 с диаметром рабочих поверхностей наковален 15 мм; угол поворота наковален составлял 300°. Полученные смеси отжигали при температуре 700°C в течение 5 ч в муфельной печи в воздушной атмосфере [6].

Для изготовления композитного электрода использовали фтористый углерод марки ИТГ-124 (Филиал «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ»», г. Кирово-Чепецк) и ванадат серебра. В качестве электропроводящей добавки в работе использовали технический углерод «Термокс» (Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, г. Омск).

Процесс приготовления активной массы электрода состоял из ряда последовательных технологических стадий. На начальном этапе порошки фтористого углерода, ванадата серебра и технического углерода смешивали в фарфоровой ступке в сухом виде. Затем в процессе механического перемешивания в полученную смесь порошков добавляли этиловый спирт и водную суспен-

зию фторопласта Ф4Д. Соотношение фторуглерода и ванадата серебра варьировали, содержание технического углерода и фторопласта находилось на уровне, типичном для активной массы фторуглеродного катода для кардиостимуляторов и составляло 7 мас.% и 3 мас.% соответственно. Перемешивание полученного раствора компонентов активной массы проводили на стенде ультразвуковой гомогенизации УЗ-1 в течение 1 мин, затем продолжали процесс ручным механическим способом с помощью стеклянной палочки до коагуляции активной массы, после чего сливали спирт и помещали активную массу в атмосферный сушильный шкаф и термообработывали при температуре 90°C в течение 1 ч, что позволяло испарить большую часть спирта и влаги. Для удаления остатков жидких компонентов сушку активной массы катода продолжали в вакуумном сушильном шкафу в том же режиме при разрежении 0.1 атм. Осушенную активную массу пропитывали этиловым спиртом и раскатывали на вальцах в ленты толщиной до 200 мкм. Раскатку проводили последовательно пропуская активную массу через вальцы с зазором 1000, 500, 300, 250 и, наконец, 200 мкм. Для изготовления электродов из полученных лент активной массы вырубали прямоугольники 1×1.5 см и напрессовывали на подложку, представляющую собой сетку из нержавеющей стали. Давление прессования составляло 35 МПа. На финальной стадии изготовления композиционных катодов проводилась их термообработка в вакуумном сушильном шкафу при температуре 150°C и разрежении 0.1 атм в течение двух часов. Полученные электроды перед сборкой макетов источников тока для эндоскопических видеокапсул выдерживались в течение 24 ч в атмосфере осушенного аргона.

Исследование электрохимических характеристик электродов проводили в трехэлектродной полипропиленовой ячейке при комнатной температуре. Процесс сборки ячейки реализовывали в боксе БПП-ОС в атмосфере осушенного аргона. Элек-

троды, два литиевых и фторуглеродный, с геометрическими размерами 1×1.5 см запаивались в сепаратор марки ПОРП-А1 (ООО Научно-производственная компания «УФИМ»). Фторуглеродный катод размещали между двумя литиевыми электродами, один из которых служил анодом, второй – сравнения. Сформированную сборку электродов помещали в фторопластовую вкладку ячейки и заливали раствором жидкого электролита. В качестве электролита использовали раствор 1 М LiClO<sub>4</sub> в смеси пропиленкарбоната (70%) и диметоксиэтана (30%). Токосъем осуществляли с помощью металлических проводников из нержавеющей стали, приваренных к подложкам электродов и выведенных из ячейки в местах контакта прокладки крышки ячейки и корпуса. Герметичность собранной ячейки обеспечивалась резиновой прокладкой и тремя винтами. После сборки осуществляли выдержку ячейки не менее 12 ч для равномерного распределения электролита в порах положительного электрода и сепаратора. Электрохимические испытания проводили на многоканальном потенциостате – гальваностате Elins P-20X8– в автоматическом режиме по заранее записанной в его память программе:

- импульс длиной 40 мс при токе потребления ~6.435 мА;
- в течение 200 мс ток потребления 2.145 мА;
- далее в течение 260 мс ток потребления 0.043 мА.

Суммарное время цикла 0.5 секунд. В качестве режима разряда была выбрана жесткая циклограмма нагрузки эндоскопической видеокапсулы (рис. 1) [5]. Из-за различия величин поверхности электродов в ХИТ видеокапсулы (10.5 см<sup>2</sup>) и макете источника тока (1.5 см<sup>2</sup>) режим был пересчитан с учетом фактических значений плотностей тока.

Всего были собраны 6 экспериментальных вариантов макетов элементов с различными катодными массами: 1 – CF<sub>x</sub> : Сажа : Ф4Д 90 : 7 : 3; 2 – CF<sub>x</sub> : SVO : Сажа : Ф4Д 85 : 5 : 7 : 3; 3 – CF<sub>x</sub> : SVO : Са-

жа : Ф4Д 82.5 : 7.5 : 7 : 3; 4 – CF<sub>x</sub> : SVO : Сажа : Ф4Д 80 : 10 : 7 : 3; 5 – CF<sub>x</sub> : SVO : Сажа : Ф4Д 75 : 15 : 7 : 3; 6 – CF<sub>x</sub> : SVO : Сажа : Ф4Д 70 : 20 : 7 : 3.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как было показано в [5], качественные снимки получаются при минимальном разрядном напряжении в импульсе не ниже 2.4 В, что в нашем случае с учетом различия габаритных размеров катода в источнике тока и экспериментальной ячейке соответствует току разряда  $I = 6.435$  мА. Следует отметить стабильность результатов разрядов макетов элементов всех вариантов, хотя они отработали по-разному: как показано на рис. 2,

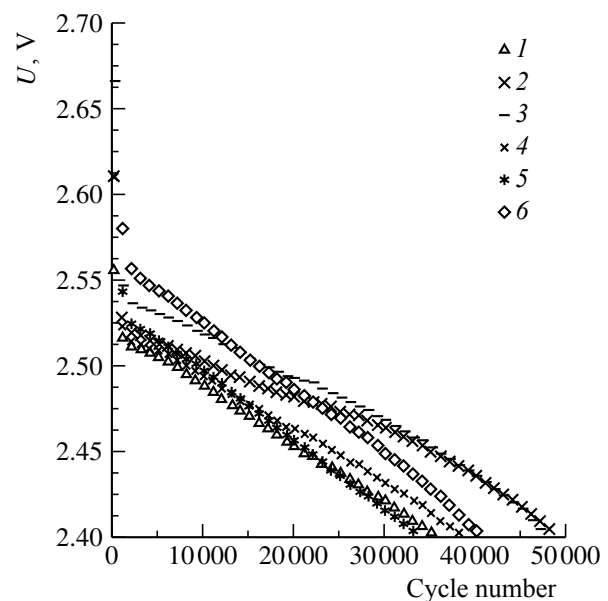


Рис. 2. Ресурсные характеристики макетов источников тока,  $I = 6.435$  мА: 1 – CF<sub>x</sub> : C : Ф4Д 90 : 7 : 3; 2 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : Ф4Д 85 : 5 : 7 : 3; 3 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : Ф4Д 82.5 : 7.5 : 7 : 3; 4 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : Ф4Д 80 : 10 : 7 : 3; 5 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : Ф4Д 75 : 15 : 7 : 3; 6 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : Ф4Д 70 : 20 : 7 : 3

Fig. 2. Durability characteristics of the current source models,  $I = 6.435$  mA: 1 – CF<sub>x</sub> : C : F4D 90 : 7 : 3; 2 – CFX : SVO : C : F4D 85 : 5 : 7 : 3; 3 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : F4D 82.5 : 7.5 : 7 : 3; 4 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : F4D 80 : 10 : 7 : 3; 5 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : F4D 75 : 15 : 7 : 3; 6 – CF<sub>x</sub> : SVO : C : F4D 70 : 20 : 7 : 3

число разрядных циклов существенно зависит от состава катодной массы. Наибольшее число циклов 47170 соответствует 3-му варианту, а наименьшее – 33130 – 5-му. Начальное нижнее разрядное напряжение в импульсе разряда менялось от 2.67 до 2.52 В: наибольшее для 3-го варианта, а наименьшее для 1-го. Таким образом, все композитные электроды превосходят по этому параметру фторуглеродный. Комплексно анализируя данные, представленные в таблице и на рис. 3, можно увидеть, что в результате точного подбора компонентов катода возможно улучшить работоспособность элемента.

Как следует из приведенных результатов, параметры катодов исследуемых макетов источников тока меняются в зависимости от содержания ванадата серебра. Представленные данные свидетельствуют о том, что наилучшими параметрами обладает третий вариант, который превосходит первый на 25%. Композитные электроды № 2, 4, 6 также обладают более высокой емкостью при заданной циклограмме, чем фторуглеродный катод. Таким образом, композитные электроды можно использовать в ХИТ, предназначенных для диагностического комплекса на основе видеокapsульной эндоскопии.

Целесообразно продолжить научные исследования для дальнейшего улучшения параметров элемента. По нашему мнению, при продолжении усовершенствования тех-

нологии изготовления катодов прежде всего необходимо добиться снижения омических потерь путем дальнейшей отработки технологических параметров приготовления катодной массы для достижения

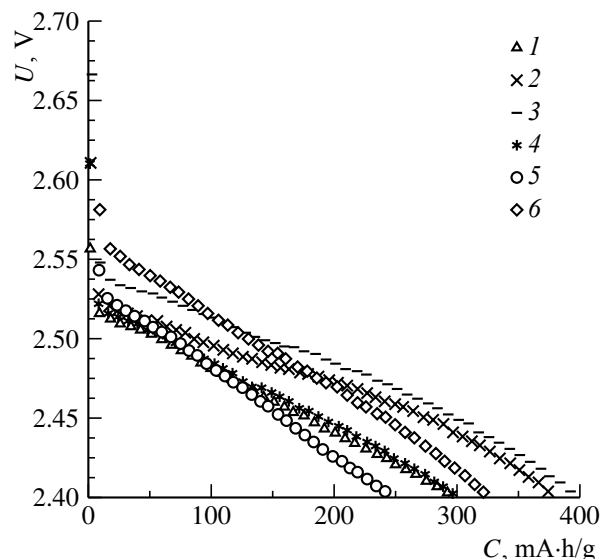


Рис. 3. Разрядные характеристики макетов источников тока,  $I = 6.435$  мА: 1 –  $CF_x$  : С : Ф4Д 90 : 7 : 3; 2 –  $CF_x$  : SVO : С : Ф4Д 85 : 5 : 7 : 3; 3 –  $CF_x$  : SVO : С : Ф4Д 82.5 : 7.5 : 7 : 3; 4 –  $CF_x$  : SVO : С : Ф4Д 80 : 10 : 7 : 3; 5 –  $CF_x$  : SVO : С : Ф4Д 75 : 15 : 7 : 3; 6 –  $CF_x$  : SVO : С : Ф4Д 70 : 20 : 7 : 3

Fig. 3. Discharge characteristics of the current source models,  $I = 6.435$  mA: 1 –  $CF_x$  : C : F4D 90 : 7 : 3; 2 –  $CF_x$  : SVO : C : F4D 85 : 5 : 7 : 3; 3 –  $CF_x$  : SVO : C : F4D 82.5 : 7.5 : 7 : 3; 4 –  $CF_x$  : SVO : C : F4D 80 : 10 : 7 : 3; 5 –  $CF_x$  : SVO : C : F4D 75 : 15 : 7 : 3; 6 –  $CF_x$  : SVO : C : F4D 70 : 20 : 7 : 3

Параметры катодов макетов источников тока

The parameters of the cathodes of the current source models

№ образца	Масса образца, г	Содержание SVO, %	Количество циклов до 2.4 В (при $I = 6.435$ мА)	C, мА·ч/г (до 2.4 В, $I = 6.435$ мА)
1	0.029	0	35150	292
2	0.031	5	48180	374
3	0.029	7.5	47170	391
4	0.031	10	38180	297
5	0.033	15	33130	242
6	0.030	20	40099	322

ее большей гомогенности и воспроизводимой электропроводности, а также использования полимерного электролита, что, как было показано ранее, позволяет снизить межэлектродные потери [10, 11].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментально установлено, что параметры и разрядные характеристики

композитного электрода существенно превосходят аналогичные фторуглеродных электродов, что является весьма важным в импульсных режимах разряда источника тока. Композитные электроды могут быть рекомендованы в качестве катодов источников тока, предназначенных для энергопитания диагностического комплекса на основе видеокапсульной эндоскопии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пуцылов И. А., Смирнов К. С., Егоров А. М., Смирнов С. Е. Перспективные электродные материалы литиевых источников тока. М.: Изд-во «Компания Спутник+», 2015. 88 с.
2. Фатеев С. А. Современные источники тока для кардиоэлектроники // Электрохимическая энергетика. 2011. Т. 11, № 4. С. 223–228.
3. Фатеев С. А. Тенденции развития источников тока для медицинских приборов // Вестн. МЭИ. 2018. № 2. С. 102–113.
4. Liangpunsakul S., Maglinte D. D., Rex D. K. Comparison of wireless capsule endoscopy and conventional radiologic methods in the diagnosis of small bowel disease // *Gastrointest. Endosc. Clin. N. Am.* 2004. Vol. 14. P. 43–50.
5. Фатеев С. А., Пуцылов И. А., Смирнов С. Е., Фомин Д. В. Литий-фторуглеродный источник тока для гастроскопии // Электрохимическая энергетика. 2017. Т. 17, № 3. С. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.18500/1608-4039-2017-17-3-135-142>
6. West K., Crespi A. M. Lithium insertion into silver vanadium oxide  $Ag_2V_4O_{11}$  // *J. Power Sources*. 1995. Vol. 54. P. 334–338.
7. Sauvage F., Bodenez V., Vezin H., Morcrette M., Tarascon J.-M., Poepfelmeier K. R. Structural and transport evolution in the  $Li_xAg_2V_4O_{11}$  system // *J. Power Sources*. 2010. Vol. 195. P. 1195–1202.
8. Praveen Meduri, Honghao Chen, Xilin Chen, Jie Xiao, Mark E. Gross, Thomas J. Carlson, Ji-Guang Zhang, Z. Daniel Deng. Hybrid  $CF_x-Ag_2V_4O_{11}$  as a high-energy, power density cathode for application in an underwater acoustic microtransmitter // *Electrochemistry Communications*. 2011. Vol. 13. P. 1344–1351.
9. Фатеев С. А., Пуцылов И. А., Жорин В. А., Смирнов С. Е., Негородов М. В. Влияние добавок ванадата серебра на электрохимические характеристики фторуглеродного электрода // Электрохимия. 2019. Т. 55, № 6. С. 696–700.
10. Егоров А. М., Пуцылов И. А., Смирнов С. Е., Фатеев С. А. Влияние механоактивации на характеристики электродов на основе фторированных углеродных нанотрубок // Журн. прикладной химии. 2016. Т. 89, № 3. С. 400–403.
11. Пуцылов И. А., Воробьев И. С., Смирнов К. С., Смирнов С. Е. Исследование полимерного электролита для литиевых источников тока // Вестн. МЭИ. 2015. № 2. С. 83–86.

## REFERENCES

1. Putsylov I. A., Smirnov K. S., Egorov A. M., Smirnov S. E. Perspektivnye elektrodnye materialy litievykh istochnikov toka [Promising electrode materials lithium power sources]. Moscow, Izdatel'stvo "Kompaniya Sputnik+" Publ., 2015. 88 p. (in Russian).
2. Fateev S. A. Modern power sources for cardioelectronics. *Electrochemical Energetics*, 2011, vol. 11, no. 4, pp. 223–228 (in Russian).
3. Fateev S. A. Tendencii razvitiya istochnikov toka dlya medicinskih priborov [Power Source Development Trends for medical devices]. *Vestnik MEI* [Bulletin of MPEI], 2018, no. 2, pp. 102–113 (in Russian).
4. Liangpunsakul S., Maglinte D. D., Rex D. K. Comparison of wireless capsule endoscopy and conventional radiologic methods in the diagnosis of small bowel disease. *Gastrointest. Endosc. Clin. N. Am.*, 2004, vol. 14, pp. 43–50.
5. Fateev S. A., Putsylov I. A., Smirnov S. E., Fomin D. V. Lithium-fluorocarbon power source for gastroscopy. *Electrochemical Energetics*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.18500/1608-4039-2017-17-3-135-142> (in Russian).
6. West K., Crespi A. M. Lithium insertion into silver vanadium oxide  $Ag_2V_4O_{11}$ . *J. Power Sources*, 1995, vol. 54, pp. 334–338.

7. Sauvage F., Bodenez V., Vezin H., Morcrette M., Tarascon J.-M., Poeppelmeier K. R. Structural and transport evolution in the  $\text{LiAg}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$  system. *J. Power Sources*, 2010, vol. 195, pp. 1195–1202.

8. Praveen Meduri, Honghao Chen, Xilin Chen, Jie Xiao, Mark E. Gross, Thomas J. Carlson, Ji-Guang Zhang, Z. Daniel Deng. Hybrid  $\text{CF}_x\text{-Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$  as a high-energy, power density cathode for application in an underwater acoustic microtransmitter. *Electrochemistry Communications*, 2011, vol. 13, pp. 1344–1351.

9. Fateev S. A., Putsylov I. A., Zhorin V. A., Smirnov S. E., Negorodov M. V. Effect of Silver Vanadate Additions on the Electrochemical

Characteristics of the Fluorocarbon Electrode. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2019, vol. 55, no. 6, pp. 524–528. DOI: 10.1134/S1023193519060089

10. Egorov A. M., Putsylov I. A., Smirnov S. E., Fateev S. A. Effect of Mechanical Activation on Characteristics of Electrodes Based on Fluorinated Carbon Nanotubes. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2016, vol. 89, no. 3, pp. 448–451. DOI: 10.1134/S1070427216030162.

11. Putsylov I. A., Vorob'ev I. S., Smirnov K. S., Smirnov S. E. Issledovanie polimernogo elektrolita dlya litievyh istochnikov toka [Study of polymer electrolyte for a lithium power source]. *Vestnik MEI* [Bulletin of MPEI], 2015, no. 2, pp. 83–86 (in Russian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Пуцылов Иван Александрович** – кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Служебный тел.: +7 (495) 362-75-19, e-mail: putsylov@yandex.ru

**Негородов Михаил Викторович** – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Служебный тел.: +7 (495) 362-75-19, e-mail: mnegorodov@mail.ru

**Иванов Павел Дмитриевич** – магистр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Служебный тел.: +7 (495) 362-75-19, e-mail: pa1995@mail.ru

**Смирнов Сергей Евгеньевич** – доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Служебный тел.: +7 (495) 362-75-19, e-mail: sesmirnov53@mail.ru

**Фатеев Сергей Анатольевич** – доктор технических наук, академик РАН, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Служебный тел.: +7 (495) 362-75-19, e-mail: serfat@list.ru

#### Библиографическое описание статьи

Пуцылов И. А., Негородов М. В., Иванов П. Д., Смирнов С. Е., Фатеев С. А. Повышение энергоотдачи фторуглеродного катода // Электрохимическая энергетика. 2020. Т. 20, № 2. С. 61–67. DOI: <https://doi.org/10.18500/1608-4039-2020-20-2-61-67>

#### For citation

Putsylov I. A., Negorodov M. V., Ivanov P. D., Smirnov S. E., Fateev S. A. Increasing the Energy Output of the Fluorocarbon Cathode. *Electrochemical Energetics*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 61–67 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1608-4039-2020-20-2-61-67>