

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан  
Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған  
«Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты  
халықаралық ғылыми-практикалық конференция  
МАТЕРИАЛДАРЫ  
27 мамыр 2022 ж.**

**МАТЕРИАЛЫ**

**Международной научно-практической конференции «Актуальные  
проблемы химического образования и химической науки», приуроченной  
ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана  
Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны  
27 мая 2022 г.**



**ТАШЕНОВ АУЭЗХАН  
КАРИПХАНОВИЧ  
(04.04.1950-11.07.2021)**



**РАХМАДИЕВА СЛУКЕН  
БИГАЛИЕВНА  
(21.01.1952-11.07.2021)**

**27 мамыр 2022  
Нұр-Сұлтан**

УДК 54

ББК 24

**G99 Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған «Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция=Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химического образования и химической науки», приуроченной ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны. – Нұр-Сұлтан: – .....б. - қазақша, орысша.**

**ISBN 978-601-337-690-5**

Жинақта 2022 жылғы 27 мамырда Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ-де (Нұр-Сұлтан қ.) өткен Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған «Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары жинақталған. Конференция материалдары химия ғылымы мен білім берудің әртүрлі мәселелеріне арналған және секцияларға бөлінген. Жинаққа ақымдағы мамандарға арналған.

Сборник содержит материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химического образования и химической науки», приуроченной ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны, проходившей 27 мая 2022 г. в ЕНУ им. Л.Н.Гумилева (г.Нур-Султан). Материалы конференции посвящены различным проблемам химической науки и образования и распределены по секциям. Сборник предназначен для широкого круга специалистов.

***РЕДКОЛЛЕГИЯ:***

***Еркасов Р.Ш., д.х.н., профессор;  
Амерханова Ш.К., д.х.н., профессор;  
Султанова Н.А., д.х.н., профессор;  
Машан Т.Т., к.х.н., и.о.профессора;  
Суюндикова Ф.О., к.х.н., доцент;  
Копишев Э.Е., к.х.н., и.о.доцента***

**УДК 54**

**ББК 24**

**ISBN 978-601-337-690-5**

**Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2022**

5. M. Majdinasab, K. Mitsubayashi and J. Louis-Marty, Trends Biotechnol. (2019). 37, – P. 898.
6. Zhu, C.; Yang, G.; Li, H.; Du, D.; Lin, Y. Electrochemical sensors and biosensors based on nanomaterials and nanostructures. Anal. Chem. (2014). 87, - 230–249,
7. Kimmel, D.W.; LeBlanc, G.; Meschievitz, M.E.; Cliffel, D.E. Electrochemical sensors and biosensors. Anal. Chem. (2012). 84, – 685–707.

## **МРНТИ 31.15.33**

**Н.С. Кадралиева<sup>1,2</sup>, Т.Т. Машан<sup>1</sup>, А.А. Тургунбаева<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан*

*<sup>2</sup>ТОО “LAB Industry”, Нур-Султан, Казахстан  
(E-mail: kadrallyeva\_n@mail.ru)*

### **Основные виды топливных элементов: Обзор топливных элементов**

**Аннотация:** В настоящее время ведутся обширные исследования в области поиска зеленых источников энергии. Помимо поиска новых решений, соответствующих современным тенденциям в этой области, ведется основной поиск по совершенствованию существующих систем, в том числе повышению их свойств и эффективности, повышению конкурентоспособности в рыночных условиях. Одним из самых чистых и экономичных источников энергии, отвечающих этим современным требованиям, являются топливные элементы. Топливные элементы – химические источники тока, которые широко используются и пользуются спросом. В этой обзорной статье рассматриваются пять основных типов топливных элементов: топливные элементы с щелочным обменом, топливные элементы с протонообменной мембраной, топливные элементы с твердым оксидом, топливные элементы с расплавленным карбонатом и топливные элементы с фосфорной кислотой. Приведена схема работы, преимущества и недостатки каждого вида. В конце статьи определяется

топливный элемент, который отличается широким спектром применения и экономической эффективностью. Обсуждается вклад отечественных ученых в поиск зеленых, альтернативных источников энергии.

**Ключевые слова:** топливные элементы, топливные элементы с щелочным обменом, топливные элементы с протонообменной мембраной, топливные элементы с твердым оксидом, топливные элементы с расплавленным карбонатом, топливные элементы с фосфорной кислотой.

**Введение.** Энергопотребление Земли продолжает расти, а традиционные ископаемые виды топлива остаются основным источником энергии. Наряду с непрерывным ростом населения Земли происходит интенсивное использование ископаемого топлива, что приводит к дефициту энергии. В то же время большое количество ископаемого топлива значительно загрязняет окружающую среду. Согласно отчету Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде 2016 года, четверть смертей в мире связана с экологическими проблемами, такими как изменение климата, загрязнение воздуха и воды. Развитие различных, возобновляемых и экологически чистых источников энергии и снижение загрязнения окружающей среды — неизбежная тенденция развития энергетики будущего.

**Методология исследования.** Топливный элемент — это устройство, которое преобразует химическую энергию непосредственно в электрическую посредством электрохимических реакций. Топливные элементы обладают преимуществами высокого КПД, экологичности и разнообразия видов топлива. Таким образом, технология топливных элементов является одной из самых многообещающих экологически чистых и эффективных технологий производства энергии в 21 веке. В зависимости от используемых электролитов топливные элементы делятся на пять основных типов: топливные элементы с щелочным обменом, топливные элементы с протонообменной мембраной, твердооксидные топливные элементы, топливные элементы с расплавленным карбонатом и топливные элементы с фосфорной кислотой.

**Обсуждение.** *Щелочные обменные топливные элементы* представляют собой устройство, преобразующее химическую энергию  $H_2$  в прямое электричество. Направление электродов в реакции противоположно электролизу водного раствора щелочей. В качестве электролита в топливных элементах использует жидкий раствор гидроксида калия (KOH), поскольку его

проводимость является самой высокой по сравнению с другими щелочами. На аноде водород реагирует с гидроксидом с образованием воды и электронов. Электроны передаются на катод по внешнему контуру, где кислород вступает в реакцию с водой с образованием гидроксильных ионов. Схема его работы показана на рисунке 1.

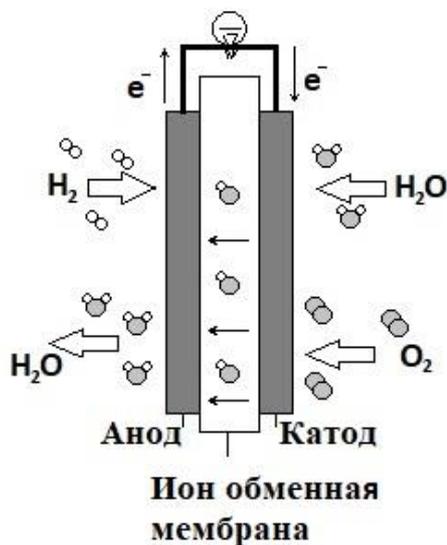


Рисунок 1.

Щелочные топливные элементы имеют ряд преимуществ перед другими топливными элементами: они просты в обработке благодаря относительно низкой рабочей температуре (примерно 23-70°C); Высокая кинетика электродов, т.е. высокий электрический КПД, позволяет использовать небольшие количества драгоценных металлов в качестве катализаторов, таких как более дорогие катализаторы, такие как платина.

Основным недостатком щелочно-обменных топливных элементов является чувствительность раствора КОН к углекислому газу в воздухе. В результате реакции образуется и кристаллизуется карбонат калия  $K_2CO_3$ , химическая реакция протекает по уравнению 2:



Кристаллы карбоната уменьшают количество гидроксильных ионов, необходимых для реакции на аноде, изменяют состав электролита и снижают его ионную проводимость. В зависимости от количества жидкого электролита он имеет следующие недостатки: если жидкости будет слишком много, она зальет электрод, а если ее будет недостаточно, то электрод высохнет.

Для преодоления указанных недостатков в щелочно-обменных топливных элементах целесообразно вместо жидких электролитов использовать мембранные электролиты из полимеров. Основным преимуществом мембраны является устранение негативного воздействия  $\text{CO}_2$ . Хотя в результате реакции между гидроксильными ионами и  $\text{CO}_2$  образуется небольшое количество карбонатов, в отсутствие подвижного жидкого электролита кристаллические карбонаты, покрывающие газодиффузионные электроды, в твердом мембранном электролите не образуются. Он также имеет следующие преимущества: воздухонепроницаемость, стабильность объема, отсутствие необходимости в растворителе, простота в обращении. За счет уменьшения объема и массы топливных элементов расширяется область его применения. Основной целью использования мембранных электродов в щелочных топливных элементах является повышение эффективности и срока службы устройства.

*Топливный элемент с протонообменной мембраной* является одним из самых сложных типов топливных элементов, который питается от водорода, окисленного на аноде, и окисленного кислорода на катоде. Основная область применения — топливные элементы для транспортных средств. Их особенностью является низкий диапазон температуры/давления (от 50 до 100°C) и специальная протонпроводящая полимерная электролитная мембрана. Схема протонообменной мембраны представлена на рис. 2.

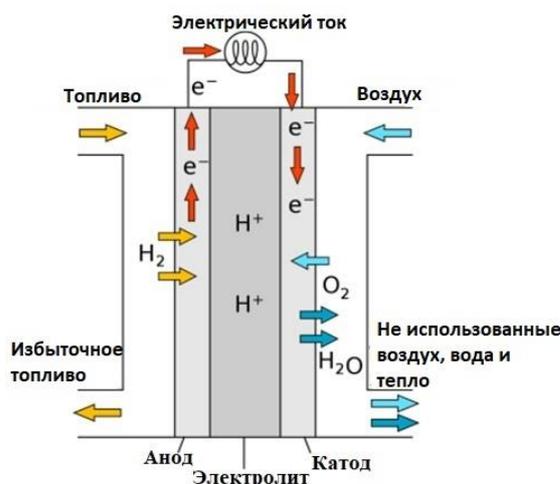
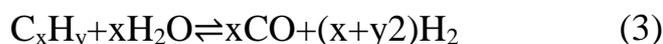


Рисунок 2.

Они являются ведущим кандидатом на замену технологии щелочных топливных элементов, используемых в космических кораблях. Есть два основных препятствия для коммерциализации этих топливных элементов: высокая стоимость и низкая долговечность.

*Твердооксидные топливные элементы* представляют собой электрохимические преобразователи, которые производят электричество непосредственно путем окисления топлива. В качестве электролита используется твердый оксид или керамика. Его можно использовать в качестве топлива, используя аммиак, метанол, метан, высокие углеводороды (например, бутан), водород, монооксид углерода, сероводород, биогаз, этанол и синтетический газ. Реакции паровой конверсии углеводородов приведены в уравнениях (3)-(8) соответственно.



Реакция вытеснения водяного газа, показанная в уравнении, также сопровождает эти реакции. Следующее уравнение показывает превращение топлива в водород и монооксид углерода. Принцип работы твердооксидных топливных элементов показан на рисунке 3.

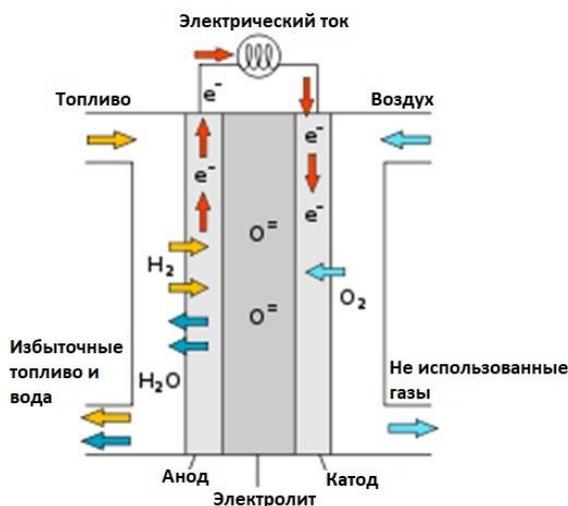


Рисунок 3.

Его область применения охватывает широкий спектр от небольших легких компактных устройств до больших гибридных систем с турбинами.

*Топливные элементы с расплавленным карбонатом* представляют собой высокотемпературные топливные элементы, работающие при температуре 600°C и выше. Данная установка предназначена для природного газа, биогаза (полученного путем анаэробного разложения или газификации биомассы) и энергетических, промышленных, военных и угольных электростанций. В расплавленных карбонатных топливных элементах - электролит, состоящий из смеси расплавленных карбонатных солей, взвешенных в порах твердого бета-оксида алюминия в химически инертной керамической матрице. Схема его работы показана на рисунке 4.

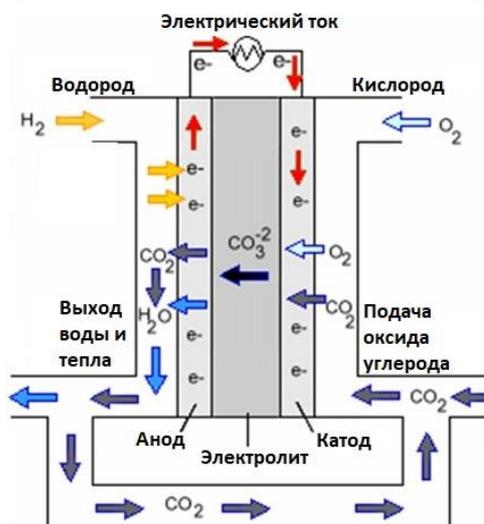


Рисунок 4.

Поскольку они работают при температурах 650°C (приблизительно 1200°F) и выше, в качестве катализаторов на аноде и катоде можно использовать недорогие металлы, что снижает затраты. Фосфорная кислота этой системы более эффективна, чем топливные элементы.

*Фосфорнокислотные топливные элементы* представляют собой тип топливных элементов, в которых в качестве электролита используется жидкая фосфорная кислота. Это первые коммерческие топливные элементы. Разработанные в середине 1960-х и испытанные в 1970-х, они достаточно эффективны с точки зрения стабильности, производительности и стоимости. В

качестве электролита используется матрица карбида кремния (SiC), насыщенная высококонцентрированной или чистой жидкой фосфорной кислотой (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Рабочий диапазон составляет примерно 150 - 210°C. Платина используется в качестве катализатора. Схема его работы показана на рисунке 5.

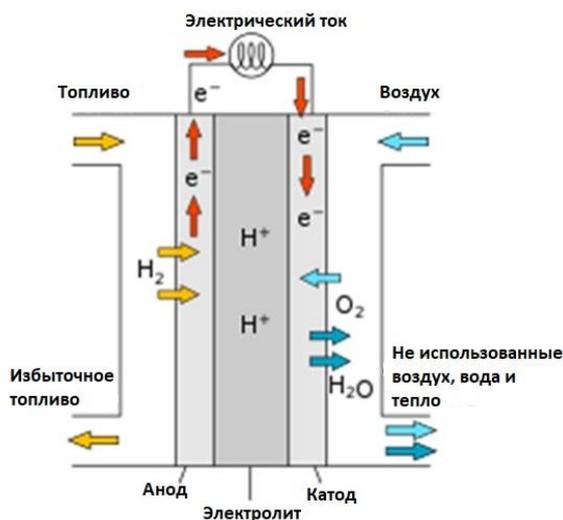


Рисунок 5.

Фосфорнокислотные топливные элементы имеют следующие преимущества: стабильность электролита, 200°C; работа при низком давлении паров; возможность использования воздуха в качестве катодного реактивного газа; и стойкость к угарному газу (200°C).

Фосфорная кислота имеет ряд недостатков из-за того, что топливный элемент в качестве электролита представляет собой жидкую фосфорную кислоту: зависимость от объема, потери на испарение, транспорт электролита.

**Результаты.** Топливные элементы являются перспективным, экологически чистым и эффективным источником энергии. Среди этих пяти основных типов топливных элементов есть щелочные топливные элементы, которые широко используются, экономичны и просты в сборке.

**Вывод.** Среди пяти основных топливных элементов, рассмотренных выше, отечественных ученых заинтересовали щелочные топливные элементы. Данный проект реализуется в NLA (National Laboratory Astana) и

разрабатывают щелочные топливные элементы и анионообменные мембраны на полимерной основе. Также они занимаются улучшением ионной проводимости и механической стабильности путем исследования различных полимерных сеток, полимерных смесей и их функционализации.

### Список литературы.

1. Geraldine Merle, Mathias Wessling, Kitty Nijmeijer. Anion exchange membranes for alkaline fuel cells: A review // *J.memsci* – 2011. – С. - 377:35-1.

2. Wei You, Kevin J.T. Noonan, Geoffrey W. Coates. Alkaline – stable anion exchange membranes: A review of synthetic approaches // *J.progpolymsci.* – 2020. – С. - 100:101177.

3. Aritro Banerjee, Rajnish Kaur Calay, Fasil Ejigu Eregno . Role and Important Properties of a Membrane with Its Recent Advancement in a Microbial Fuel Cell // *Energies* – 2022. – С. 15-444.

4. Сангинов Евгений Александрович. Получение и физико-химические свойства протонообменных мембран на основе фторированных полимеров. 02.00.04 - физическая химия. Автореферат. 2010.

5. Григорьева Мария Николаевна. Протонпроводящие мембраны на основе смесей гетероцепных термостойких полимеров. 02.00.06-ВМС. Автореферат. 2020.

6. Ahmad Husain, Mohd Urooj Shariq, Imran Khan, Shahid Pervez Ansari, Mohammad Mujahid Ali Khan, Anish Khan. Solid oxide fuel cell technology for sustainable development. *Advanced Technology for the Conversion of Waste Into Fuels and Chemicals. Volume 2.* 2021;93-109.

7. Piyush Sharma, O.P. Pandey. Proton exchange membrane fuel cells: fundamentals, advanced technologies, and practical applications. *PEM Fuel Cells.* 2022;1-24.

8. Kui Jiao, ... Xu Xie. System-level modeling of proton exchange membrane fuel cell. *Water and Thermal Management of Proton Exchange Membrane Fuel Cells*. 2021; 265-314.
9. G. Wang, Y. Weng, D. Chu, R. Chen, D. Xie. Developing a polysulfone-based alkaline anion exchange membrane for improved ionic conductivity. *Journal of Membrane Science*. 2009;332: 63–68.
10. L. Li, Y. Wang. Quaternized polyethersulfone Cardo anion exchange membranes for direct methanol alkaline fuel cells. *Journal of Membrane Science*. 2005; 262:1–4.
11. J. Fang, P.K. Shen. Quaternized poly(phthalazinon ether sulfone ketone) membrane for anion exchange membrane fuel cells. *Journal of Membrane Science*. 2006;285:317–322.
12. D. Xing, S. Zhang, C. Yin, B. Zhang, X. Jian. Effect of amination agent on the properties of quaternized poly(phthalazinone ether sulfone) anion exchange membrane for vanadium redox battery application. *Journal of Membrane Science*. 2010;354:68–73.
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/Solid\\_oxide\\_fuel\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Solid_oxide_fuel_cell)
14. [https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphoric\\_acid\\_fuel\\_cell#:~:text=Phosphoric%20acid%20fuel%20cells%20\(PAFC, stability%2C%20performance%2C%20and%20cost](https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphoric_acid_fuel_cell#:~:text=Phosphoric%20acid%20fuel%20cells%20(PAFC, stability%2C%20performance%2C%20and%20cost).
15. [https://en.wikipedia.org/wiki/Proton-exchange\\_membrane\\_fuel\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Proton-exchange_membrane_fuel_cell)
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/Molten\\_carbonate\\_fuel\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Molten_carbonate_fuel_cell)
17. S.M. Javaid Zaidi, Takeshi Matsuura. *Polymer Membranes for Fuel Cells*. 2008.