

**Сазонов Алексей Олегович,**  
магистрант гр. ХТм-22-1 ФГБОУ ВО «АнГТУ», e-mail: alecs260797sssr@mail.ru,  
**Фомина Лариса Валерьевна,**  
к.х.н., доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «АнГТУ», e-mail: flvbaan@mail.ru

## **ТИПЫ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ МЕМБРАН ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Sazonov A.O., Fomina L.V.**

### **TYPES OF POLYMERS FOR FUEL CELL MEMBRANES**

**Аннотация.** В работе отражён перечень полимерных материалов, применяемых в мировой практике для создания протонпроводящих мембран для низкотемпературных топливных элементов. Проведён анализ строения, физико-химических свойств, условий синтеза полимеров и эксплуатационных характеристик получаемых на их основе мембран.

**Ключевые слова:** топливные элементы, твёрдополимерные электролиты, полимеры, сополимеры, протогенные группы.

**Abstract.** The work reflects a list of polymer materials used in the world to create proton-conducting membranes for low-temperature fuel cells. An analysis of the structure, physicochemical properties, conditions for the synthesis of polymers and operational characteristics of the membranes obtained on their basis was carried out.

**Keywords:** fuel cells, solid polymer electrolytes, polymers, copolymers, protogenic groups.

Химия и электроэнергетика совместно решают комплексную научно-техническую задачу создания экологически безопасных устройств по производству электрической энергии с высоким КПД. Перспективным направлением уже несколько десятилетий является продвижение электрохимического способа, реализуемого в топливных элементах (ТЭ). Особое внимание уделяется совершенствованию низкотемпературных ТЭ (НТТЭ) с твёрдополимерным электролитом – мембраной, обеспечивающей разделение катодного и анодного пространств, ионную проводимость электролита, механическую прочность конструкции. Изменением типа входящих в структуру мембран компонентов возможна модификация их проводящих, механических, химических свойств. Цель данной работы – анализ литературных источников о применяемых для создания твёрдополимерных протонпроводящих мембран (ТППМ) типах полимеров.

Мембраны по строению главной полимерной цепи и характеру связи протогенных групп с полимерной матрицей подразделяют на мембраны с алифатическими или ароматическими фрагментами в цепи, с ковалентносвязанными протогенными группами или комплексы кислота/основный полимер [1-4].

К мембранам с ковалентносвязанными протогенными сульфогруппами, и алифатическими фрагментами в главной полимерной цепи относят фторсодержащие мембраны Nafion и его аналоги: Aciplex, Flemion, Fumapem, МФ-4СК, Dow Filmtec, Aquivivon, ВАМ3G; нефторированные мембраны, например, сульфированный триблок-сополимер на основе стирол-этилен/бутилен-стирола (SEBS) или поливиниловые спирты, этерифицированные фенолсульфо кислотами.

Сульфированные ароматические фрагменты в главной полимерной цепи присутствуют в поли(феноксibenзоил)-*p*-фенилене; поли-*p*-ксилилене; полифениленсульфиде; полифениленоксиде; полиэфирэфиркетоне; полиэфирэфирсульфоне; полибензимидазоле; полифенилхиноксалине; полисульфоне; полиариленаэфирсульфоне; полиэфирэфиркетонкетоне; полиимиде.

Группа мембран на основе азот- и фосфорсодержащих полимерных фрагментов – ароматических гетероцепных полимеров – включает полимеры с ковалентносвязанными сульфогруппами и кислотно-основными комплексами, т.е. полимеры, допированные минеральными кислотами. К ним принадлежат сульфированные фталевые и нафталевые полиимиды; поли(*n*-фенилентеревфаламид-N-пропансульфонат), поли(*n*-фенилентеревфаламид-N-бензилсульфонат), поли(2,2'-*m*-фенилен-би(N-сульфобензил)бензоимидазол-5,5'-диил); допированный фосфорной кислотой поли[2,2'-(*m*-фенилен)-5,5'-добензимидазол]. Ковалентносвязанные атомы фосфора с ароматическими фрагментами цепей полимеров присутствуют в фосфоэтилированном поли[окси-3,3-бис(4'-бензимидазол-2''-илфенил)фталид-5''(6'')-дииле], фенилзамещенных полифениленах с введенными фосфонатными группами, в полифосфазенах (полифосфонитрилах) – полимерах, содержащие фосфазогруппы.

Внутренний объем исследований по синтезу и изучению свойств полимерных веществ, используемых в создании ТППМ, пока не решил вопрос массового выпуска НТТЭ, т.к. каждый вновь предлагаемый для получения ТППМ полимерный материал по комплексу свойств пока проигрывает материалам коммерчески выпускаемых мембран. Прогресс здесь связывают с разработкой органо-неорганических амфифильных гибридных мембран с включением наноразмерных оксидов Si, Ti, Zr, Al, цеолитов, кремнийорганических мономеров, твердых гетерополикислот, фосфатов циркония, кислых сульфатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Архангельский, И.В.** Низкотемпературные топливные элементы с протонпроводящей полимерной мембраной / И.В. Архангельский, Ю.А. Добровольский, Т.Н. Смирнова. – Москва: МГУ, 2007 – 84 с. – Текст : непосредственный.
2. **Бегунов, Р.С.** Твердополимерные электролиты для топливных элементов: строение и свойства / Р.С. Бегунов, А.Н. Валяева // Башкирский химический журнал. – 2012. №4 (19). – С. 119-139. – Текст: электронный. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tverdopolimernye-elektrolity-dlya-toplivnyh-elementov-stroenie-i-svoystva/viewer> (дата обращения 28.06.2023).
3. **Малахова Е.А.** Протонпроводящие полимерные мембраны для топливных элементов / Е.А. Малахова, М.А. Черниговская, Т.В. Раскулова // Вестник АНГТУ. – 2015. №9. – с. 37-42. – Текст: непосредственный.
4. **Лебедева О.В.** Протонпроводящие мембраны для водородно-воздушных топливных элементов / О.В. Лебедева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. – №1 (16). – С. 7-19. – Текст : непосредственный.