

**Усманов Руслан Тимурович,**

студент, Иркутский национальный исследовательский технический университет,

e-mail: ursa\_55@mail.ru

**Малахова Екатерина Александровна,**

аспирант, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: ekaterina.zy-zy@lmail.ru

**Раскулова Татьяна Валентиновна,**

д.х.н., зав. кафедрой, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: raskulova@list.ru

**Пожидаев Юрий Николаевич,**

д.х.н., профессор, Иркутский национальный исследовательский технический университет,

e-mail: pozhid@istu.edu

## **СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НОВЫХ ИОНООБМЕННЫХ ГИБРИДНЫХ МЕМБРАН**

**Usmanov R.T., Malakhova E.A., Raskulova T.V., Pozhidaev Yu.N.**

## **SYNTHESIS AND PROPERTIES OF NEWS ION-EXCHANGE**

## **HYBRID MEMBRANES**

**Аннотация.** Гидролитической поликонденсацией в водно-спиртовой среде 2-[(триэтоксисилпропил)амино]пиридина в присутствии сополимеров винилглицидилового эфира этиленгликоля с винилхлоридом получены композиты. Мембраны на основе синтезированных композитов, допированных ортофосфорной кислотой, проявляют ионообменную активность. Протонная проводимость мембран – 1,19-2,89 мСм/см, энергия активации протонного переноса – 15,11 кДж/моль, ионообменная емкость – 1,6 мг-экв/г, водопоглощение до 60,8 %.

**Ключевые слова:** гибридные мембраны, сополимеры, кремнийорганические мономеры, протонная проводимость.

**Abstract.** Hydrolytic polycondensation in a water-alcohol medium 2-[(triethoxysilylpropyl)amino]pyridine in the presence of copolymers of ethylene glycol and vinyl glycidyl ether with vinyl chloride composites were obtained. Membranes based on synthesized composites doped with phosphoric acid exhibit ion-exchange activity. The proton conductivity of the membranes is 1,19-2,89 mS/cm, the activation energy of proton transfer is 15,11 kJ/mol, the ion-exchange capacity is 1,6 mg-eq/g, the water absorption is up to 60,8 %.

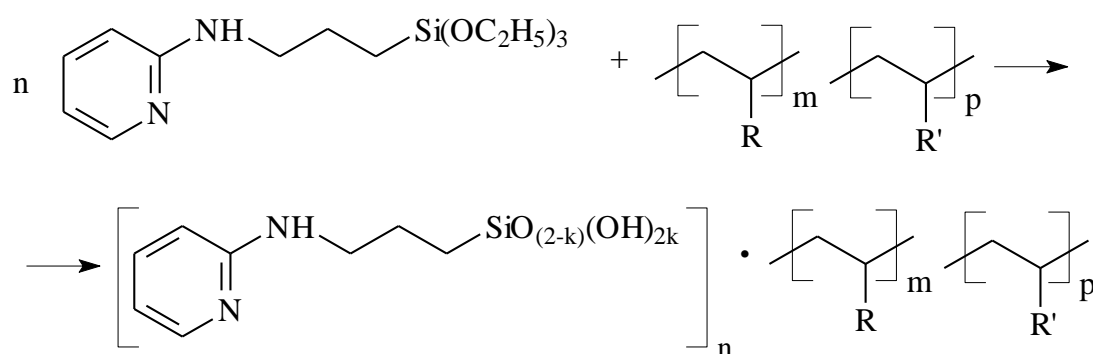
**Keywords:** hybrid membranes, copolymers, organosilicone monomers, proton conductivity.

Обширную группу органо-неорганических ионообменных мембран составляют полимерные материалы, содержащие добавки диоксида кремния. Препаратами кремнийоксидного модификатора ионообменных мембран часто являются карбофункциональнозамещенные триалкоксисиланы (например, 3-аминопро-, 3-меркаптопропил-, γ-(2,3-эпоксипропокс)- и (3-глицидокс)пропилтриметоксисиланы), гидролиз которых приводит к сшитым силсесквиоксановым полимерам [1-3]. Золь-гель методы при использовании таких мономеров, позволяют проводить процесс при обычных условиях (температура, давление), улучшать свойства традиционных материалов, создавать материалы нового поколения.

Для получения новых протонообменных мембран для водородно-воздушных топливных элементов в качестве кремнийорганического прекурсора

нами использован азотсодержащий кремнийорганический мономер – 2-[(триэтоксисилилпропил)амино]пиридин. Полимерной матрицей мембран послужили сополимеры винилглицидилового эфира этиленгликоля с винилхлоридом.

Процесс гидролитической поликонденсации в водно-спиртовой среде 2-[(триэтоксисилилпропил)амино]пиридина (ТЭАП) в присутствии сополимеров винилглицидилового эфира этиленгликоля с винилхлоридом (ВГЭ-ВХ) может быть представлен схемой:



ВГЭ-ВХ/ТЭАП, R – Cl; R' – O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH(O)-CH<sub>2</sub>

На основе полученных гибридных композитов ВГЭ-ВХ/ТЭАП методом литья получали эластичные мембраны, отверждение которых проводили при температуре 80 °С. Дальнейшее допирование мембран растворами ортофосфорной кислоты 9 моль/л привело к получению материалов со следующими характеристиками: протонная проводимость мембран в интервале температур 30-80 °С – 1,19-2,89 мСм/см, энергия активации протонного переноса – 15,11 кДж/моль, ионообменная емкость – 1,6 мг-экв/г, водопоглощение до 60,8 %. Механические свойства мембран: модуль упругости при растяжении – 92 МПа, прочность при разрыве – 7 МПа, относительное удлинение при разрыве – 12 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№18-08-00718, № 18-58-45011).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Mosa J., Durán A., Aparicio M. Sulfonic acid-functionalized hybrid organic–inorganic proton exchange membranes synthesized by sol–gel using 3-mercaptopropyl trimethoxysilane (MPTMS) // Journal of Power Sources. 2015. V. 297. P. 208-216.
2. Yao Z., Cui M., Zhang Z., Wu L., Xu T. Silane cross-linked sulfonated poly(ether ketone/ether benzimidazole)s for fuel cell applications // Polymers. 2017. V. 9. № 12. Article number 631.
3. Vélez J.F., Aparicio M., Mosa J. Covalent silica-PEO-LiTFSI hybrid solid electrolytes via sol-gel for Li-ion battery applications // Electrochimica Acta. 2016. V. 213. P. 831-841.