

УДК 66.083.2

<sup>1</sup>А.С. Баберкин; <sup>2</sup>О.Г. Талакин, канд. хим. наук; <sup>3</sup>М.В. Корягина; <sup>4</sup>Н.Н. Фатеев

ПАО «Криогенмаш», проспект Ленина, 67, г. Балашиха, Московская область, РФ, 143907

e-mail: <sup>1</sup>a.baberkin@omzglobal.com; <sup>2</sup>talakin@cryogenmash.ru; <sup>3</sup>m.koryagina@omzglobal.com;<sup>4</sup>n.fateev@omzglobal.comORCID: <sup>1</sup>orcid.org/0000-0002-4457-145X; <sup>2</sup>orcid.org/0000-0002-5589-7850; <sup>3</sup>orcid.org/0000-0002-6581-2881;<sup>4</sup>orcid.org/0000-0002-6123-3217

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОЛОВОЛОКОННЫХ МЕМБРАН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ АЗОТА ИЗ ВОЗДУХА

*За рубежом широко изготавливаются и внедряются в производственные процессы мембранные газоразделительные установки на основе полых волокон. Ежегодно ведущая в мире компания по изготовлению мембранных полволоконных установок «Generon» (США) поставляет своим заказчикам около 400 единиц оборудования с производительностью до 4000 м<sup>3</sup>/ч. В России полые волокна для газоразделения практически не производятся. В нескольких институтах РАН выполняются только научно-исследовательские работы. С 2014 г. компания Криогенмаш разрабатывает опытно-промышленные технологии изготовления газоразделительных полых волокон с последующим производством мембранных модулей для ряда промышленных процессов: выделение азота из воздуха, извлечение гелия из природного газа и концентрирование водорода из технологических газов химических и нефтехимических производств. Была разработана опытная технология получения полых волокон с производительностью по волокну около 10 м/мин. Произведена партия волокон для концентрирования азота из воздуха. Наибольший коэффициент селективности, достигнутый по паре O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, находится в диапазоне 4,9...5,1, что приближается к характеристикам мембранных азотных модулей «Generon». Планируется продолжение работ по созданию отечественной опытно-промышленной технологии изготовления полых газоразделительных волокон и модулей на их основе.*

**Ключевые слова:** Мембраны. Газоразделение. Полые волокна. Пермеат. Селективность. Диффузионный слой. Разделение воздуха. Азот. Гелий. Водород. Модуль.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы растёт интерес к мембранной полволоконной технологии газоразделения. В мировой практике наблюдается значительное увеличение производства аппаратов и установок на основе газоразделительных полых волокон. Например, уже в 2007 г. американская компания «Generon» производила около 200 азотных газоразделительных установок в год со средней производительностью 2000 м<sup>3</sup>/ч с концентрацией азота 97–99 %. В настоящее время производство «Generon» возросло на 40 %.

Известно, что в мире всего лишь 5–6 компаний занимаются масштабным производством полволоконных мембран и аппаратов на их основе. Остальные компании являются производителями мембранных газоразделительных установок на базе покупных мембранных модулей. В том числе это относится к России и странам СНГ.

Но уже сейчас заметно, что появляются новые компании, занимающиеся не только производством установок, но и мембранных модулей: «Parker» (Голландия), «Philos» (Южная Корея), «UOP» (США) и ряд других.

Впервые в России исследованием полволоконной технологии начали заниматься совместно в Научно-производственном объединении «Криогенмаш» (НПО «Криогенмаш») и Всесоюзном научно-исследовательском институте искусственного волокна в 70-х годах прошлого столетия. Были созданы полые гомогенные волокна для концентрирования азота. Они обладали по сравнению с современными волокнами низкой проницаемостью, так как толщина разделяющего слоя превышала 20 мкм.

Тем не менее, в НПО «Криогенмаш» была исследована проницаемость и селективность экспериментальных образцов загерметизированных пучков волокон<sup>1)</sup>. Исследование газопроницаемости полых воло-

<sup>1)</sup> Исследование газопроницаемости новых плоских и капиллярных полимерных мембран: отчёт НПО «Криогенмаш»/Руководитель работы — Л.Н. Чекалов; отв. исполнитель — О.Г. Талакин. Инв. № 2768. — Балашиха, 1976. — 79 с.