

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию **Кузьминовой Анны Игоревны** на тему «*Оптимизация процессов первапорации и нанофильтрации путем создания новых полимерных мембран, модифицированных металлорганическими каркасными структурами*», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.2. Аналитическая химия (химические науки)

### **Соответствие диссертации заявленной специальности и отрасли науки.**

Объектами исследования представленной диссертации являются полимерные мембраны со смешанной матрицей, модифицированные металлорганическими каркасными структурами. Предметом исследования являются физико-химические и транспортные свойства полученных мембран, а также изучение коэффициентов концентрирования различных аналитов (тяжелых металлов, пищевых красителей и органических растворителей) в процессах нанофильтрации и первапорации модельных растворов и реальных смесей. Таким образом, в соответствии с объектом и предметом исследования, а также по своему содержанию, в целом, диссертационная работа Кузьминовой А.И. «Оптимизация процессов первапорации и нанофильтрации путем создания новых полимерных мембран, модифицированных металлорганическими каркасными структурами» полностью соответствует специальности 1.4.2. Аналитическая химия и отрасли Химические науки.

### **Актуальность темы диссертации.**

Диссертация Кузьминовой А.И. посвящена разработке полимерных мембран, модифицированных металлорганическими каркасными структурами, для разделения промышленно-значимых смесей и концентрирования различных аналитов (тяжелых металлов, пищевых красителей и органических растворителей). Было исследовано влияние введения металлорганических каркасных структур, на примере UiO-66, UiO-66(NH<sub>2</sub>)-УК, UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА, MIL125 и MIL-140A, на транспортные и физико-химические свойства полимерных мембран различной природы (полимера с внутренней микропористостью PIM-1, альгината натрия и поли-м-фениленизофталамида). Проведенные соискателем экспериментальные исследования позволили выявить целый ряд закономерностей, которые, безусловно, имеют научную и практическую значимость и вносят значительный вклад в теорию и практику создания новых высокоэффективных полимерных мембран со смешанной матрицей для процессов нанофильтрации и первапорации для концентрирования различных аналитов (тяжелых металлов, пищевых красителей и органических растворителей).

Наряду с установлением закономерностей синтеза полимерных мембран на основе широко применяемых полимеров, модифицированных металлорганическими каркасными структурами, значительное внимание в диссертационной работе уделено расчету коэффициентов концентрирования

различных аналитов (тяжелых металлов, пищевых красителей и органических растворителей) при разделении как модельных растворов, так и реальных смесей в процессах первапорации и нанофильтрации. Все вышесказанное подтверждает безусловную актуальность диссертационной работы Кузьминовой А.И.

**Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту.**

Диссертационная работа Кузьминовой А.И. содержит большой объем экспериментальных данных, что обусловлено широким спектром объектов исследования, получаемых на основе целого ряда полимеров и различных металлоорганических каркасных структур. Важно отметить, что соискателю удалось на высоком научном уровне провести интерпретацию и систематизацию полученных результатов, что позволило обосновать принципиально новые положения, которые выносятся на защиту:

- впервые получены систематические данные по влиянию металлоорганических каркасных структур на структуру, физико-химические и транспортные свойства полимерных мембран, что позволило разработать способы получения новых мембран со смешанной матрицей, обладающих улучшенными транспортными характеристиками и селективностью;

- определены оптимальные условия и составы композитных мембран различного химического состава для эффективного разделения и концентрирование аналитов;

- впервые установлена корреляция структуры мембран со смешанной матрицей, модифицированных металлоорганическими каркасными структурами, с их физико-химическими и транспортными свойствами.

- впервые проведено концентрирование аналитов (тяжелых металлов и пищевых красителей) из реальных смесей с помощью разработанных полимерных мембран и найдены коэффициенты концентрирования.

**Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций диссертации.**

Экспериментальные результаты диссертационной работы получены с использованием общепринятых методик выполнения анализов и их представления, современного оборудования и физико-химических методов исследования: сканирующая электронная микроскопия, ядерный магнитный резонанс, атомно-силовая микроскопия, термогравиметрический анализ, исследование равновесного набухания мембран, исследование углов смачивания, исследование механических свойств, первапорация, нанофильтрация, газохроматографический анализ, спектрофотометрический анализ, инверсионная вольтамперометрия, атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Это подтверждает обоснованность и достоверность полученных результатов. Проведена статистическая обработка экспериментальных данных. При интерпретации

использованы описанные в научно-технической литературе результаты, а также полученные соискателем экспериментальные результаты и сделанные выводы согласуются с общепринятыми положениями в области мембран и мембранной технологии.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций диссертации не вызывает сомнений.

### **Научная и практическая значимость результатов диссертации.**

Научная значимость результатов диссертации заключается:

- в разработке новых высокоэффективных полимерных первапорационных и нанофильтрационных мембран, модифицированных металлорганическими каркасными структурами, для снижения пределов обнаружения аналитов (органических растворителей, тяжелых металлов и красителей);

- в создании высокопроизводительных композиционных первапорационных мембран с тонкими селективными слоями из композитов альгинат натрия/Zr-MOFs (UiO-66, UiO-66(NH<sub>2</sub>)-УК и UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА) и поли-м-фениленизофталамид/UiO-66(NH<sub>2</sub>)-ЭДТА, нанесенными на ультрафильтрационные промышленные подложки из полиакрилонитрила и регенерированной целлюлозы, соответственно, для эффективного концентрирования органических растворителей (изопропилового спирта и толуола);

- в создании высокопроизводительных композиционных нанофильтрационных мембран с тонкими селективными слоями из композитов PIM-1/MOFs (MIL-125 и MIL-140A), нанесенными на ультрафильтрационные промышленные подложки из ароматического полисульфонамида (УПМ-20®), для эффективного концентрирования тяжелых металлов и красителей в процессе нанофильтрации,

что вносит значительный вклад в области полимерных мембран и мембранной технологии.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности практического применения полученных мембран для концентрирования аналитов, на примере тяжелых металлов и пищевых красителей, по отношению к исходным реальным смесям, что может быть использовано в процессах пробоподготовки в химической и пищевой технологии, водоочистке и других областях.

### **Замечания по диссертации:**

1. В диссертационной работе не хватает изучения стабильности композиционных мембран с тонким селективным слоем при продолжительном эксперименте и/или повышенных температурах.

2. На Рисунке 29 разделение дробной части от целой представлено через «.», а в Таблице 9, рассчитанные с рисунка значения, через «,», тоже самое относится к Рисунку 34 и Таблице 11.

3. Диссертант рассчитывает степень набухания для мембран на основе альгината натрия и поли-м-фениленизофталамида с использованием формул без учета остаточного растворителя (Формула (8), стр. 53) и с учетом (Формула (9), стр. 53), соответственно. Какое содержание остаточного растворителя содержится в альгинате натрия? И в поли-м-фениленизофталамиде? Как это влияет на транспорт низкомолекулярных веществ через мембрану.

Сделанные замечания носят уточняющий и рекомендательный характер и не снижают значимость и общий высокий научный уровень диссертации Кузьминовой А.И.

Диссертация **Кузьминовой Анны Игоревны** на тему «*Оптимизация процессов первапорации и нанофльтрации путем создания новых полимерных мембран, модифицированных металлоорганическими каркасными структурами*» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель **Кузьминова Анна Игоревна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.2. Аналитическая химия (химические науки). Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета,  
научный руководитель лаборатории  
адсорбентов и адсорбционных  
процессов ИОНХ НАН Беларуси,  
член-корр. НАН Беларуси, д.х.н.,  
профессор



А.И. Иванец

15.03.2022 г.