

## Отзыв

научного руководителя на диссертационную работу  
Омаровой Анары Сагидуллаевны на тему «Совершенствование технологии *in situ* выращивания покрытий для твердофазной микроэкстракции на основе металл-органических каркасных структур», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D072100 - «Химическая технология органических веществ»

Металлоорганические каркасные структуры привлекают все больше внимания благодаря своему потенциалу для разработки селективных и эффективных волокон для твердофазной микроэкстракции. Разнообразие металлорганических каркасных структур (более 90 000), высокая площадь поверхности (до 7000 м<sup>2</sup>/г), различные методы синтеза, возможность контроля размера и морфологии частиц металлорганических каркасных структур стали отличной основой для разработки термостабильных, устойчивых к воздействию воды или органических растворителей и селективных покрытий для твердофазной микроэкстракции. Оптимизация технологии для получения эффективных и стабильных покрытий является одной из основных задач на пути коммерциализации волокон для твердофазной микроэкстракции на основе металлорганических каркасных структур.

Ph.D. диссертация Омаровой А.С. направлена на усовершенствование технологии *in situ* выращивания покрытий для твердофазной микроэкстракции на основе MOF-199. Исследование включает разработку технологии получения волокна на основе MOF-199 с использованием методов последовательной однофакторной и многофакторной оптимизации. По результатам последовательной однофакторной оптимизации было установлено, что использование 96,5% этанола вместо 75% этанола и увеличение продолжительности синтеза с 8 ч до 16 ч позволило увеличить механическую стабильность и однородность покрытия на основе MOF-199. На оптимизированный метод получения покрытия на основе MOF-199 был получен патент на полезную модель. В рамках исследования были доказаны структуры MOF-199, определена толщина покрытия и исследована стабильность к высоким температурам и возможное количество раз использования волокна. Кроме того, впервые для волокна на основе MOF-199 были установлены константы распределения для 5 летучих органических соединений, а константы распределения для бензола, толуола и метилхлорида были выше в 1,2-2,3 раза, чем для коммерческого волокна Карбоксен/Полидиметилсилоксан.

Для усовершенствования технологии получения покрытия для твердофазной микроэкстракции на основе MOF-199 была применена многофакторная оптимизация следующих параметров *in situ* метода: тип соли, тип растворителя, добавка уксусной кислоты, соотношение реагентов, и фактор разбавления. По результатам многофакторной оптимизации было установлено, что нитрат меди оптимальный реагент для синтеза MOF-199 на поверхности подложки из нержавеющей стали в сравнении с ацетатом меди; при замене этанола (75% и 95%) на бутанол (99,9%) толщина покрытия уменьшается в 7,5

и 3,6 раза, соответственно, а добавление уксусной кислоты приводит к увеличению толщины покрытия MOF-199 на 18%. Оптимальной технологией выбрана технология с использованием растворителя бутанола и добавки уксусной кислоты. Разработанный метод количественного определения 5 летучих органических соединений в воздухе с использованием нового покрытия на основе MOF-199 показал низкие пределы обнаружения и детектирования, высокую воспроизводимость и точность.

Технологии получения новых волокон на основе MOF-199 и методы количественного определения летучих органических соединений в образцах воздуха, разработанные в рамках диссертационной работы Омаровой А.С., могут быть использованы для создания новой системы мониторинга качества воздуха в Казахстане и других развивающихся странах, где применение стандартных методов отсутствует либо ограничен. Также установленные результаты внесли вклад в теорию разработки новых волокон на основе металлорганических каркасных структур и исследование их экстракционных характеристик.

В ходе исследования Анара Омарова проявила себя как квалифицированный, трудолюбивый и целеустремленный молодой ученый, способный самостоятельно проводить собственные исследования и выдвигать гипотезы для решения сложных задач. Она успешно завершила часть исследований во время прохождения стажировки в 2019 г. в Университете Северной Британской Колумбии под руководством профессора Хоссеина Каземиана. По результатам, полученных во время стажировки в коллаборации с зарубежным руководителем были опубликованы 5 публикаций в международных журналах и конференциях. В 2021 году Омарова А.С. представила результаты своих диссертационных исследований на 23rd International Symposium on Advances in Extraction Technologies ExTech-2021 (Испания), для участия в которой выиграла грант для покрытия регистрационного взноса. В 2022 году Омарова А.С. была награждена дипломом «Лучший молодой ученый КазНУ им. Аль-Фараби-2022». Также в 2022 г. Омарова А.С. успешно прошла курс в международной летней школе "Образование и рост атмосферных аэрозолей", организованным Институтом исследований атмосферы и систем Земли при Университете Хельсинки (8-19 августа, Хельсинки, Финляндия). В 2023 г. Анара Омарова прошла курс «Европейский исследовательский курс по атмосфере» (Университет Гренобль-Альпы, Франция, 15 января-4 февраля), для участия в котором выиграла грант для покрытия участия в школе.

За время обучения Анара Омарова опубликовала три статьи в международных рецензируемых журналах в области аналитической химии, и прикладной химии – *Microchemical journal* (IF = 5.304, Q1 WoS), *Microporous and Mesoporous Materials* (IF = 5.876, Q1 WoS) по теме диссертационной работы и дополнительные публикации в *Atmosphere* (IF = 3.11, Q3 WoS), *Chromatographia* (IF = 2.213, Q2 WoS), и *Environmental Processes*. Омарова А. С. также опубликовала патент на полезную модель. Все требования по публикациям до защиты были выполнены.

