

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Пневской Анны Юрьевны**  
«Экспериментальное и теоретическое исследование сорбции этилена и  
1-метилциклопропена в металлоорганических каркасных структурах»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 2.6.6 – «Нанотехнологии и наноматериалы»

Диссертация Пневской А.Ю. посвящена **актуальной** проблеме разработки нанопористых материалов на основе металлоорганических каркасных структур (МОК) для селективной адсорбции и десорбции газообразных углеводородов, таких как этилен и 1-метилциклопропен (1-МЦП). Тема исследования связана с применением нанотехнологий в пищевой промышленности для продления сроков хранения сельскохозяйственной продукции, что имеет **значительную научную и практическую ценность** в контексте глобальных вызовов по снижению потерь продовольствия.

В автореферате четко сформулированы цель и задачи исследования: проведение спектральной диагностики *in situ* и компьютерного моделирования атомной и электронной структуры МОК в процессе адсорбции/десорбции этилена и 1-МЦП. Объектами исследования выбраны МОК типов  $M_3(BTC)_2$ , M-MOF-74 и  $M_3(HCOO)_6$  (где M – переходные металлы: Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn), что позволяет систематически изучить влияние металлических центров на сорбционные свойства.

Методы исследования сочетают экспериментальные подходы (синтез МОК с использованием микрофлюидных и микроволновых методов, аттестация с помощью XRD, XAS, ИК-спектроскопии, ТГА и БЭТ-анализа) и теоретическое моделирование на основе теории функционала плотности (DFT) с учетом дисперсионных поправок. Особо отмечается разработка методики *in situ* загрузки нестабильного 1-МЦП с мониторингом масс-спектрометрией, что демонстрирует инновационный подход к экспериментам.

**Научная новизна** работы заключается в первом теоретическом скрининге энергий связи для указанных МОК, разработке новых методов синтеза (микрофлюидный для Co-FA и микроволновый для Cu-MOF-74), экспериментальном определении структур связывания этилена и 1-МЦП в HKUST-1, количественной оценке кинетики десорбции и методике *in situ* функционализации 1-МЦП. Эти результаты дополняют существующие знания о сорбции в МОК и открывают пути к рациональному дизайну материалов для пищевой отрасли.

**Практическая значимость** подтверждена лабораторными тестами на бананах, где МОК Co-FA, функционализированный 1-МЦП, показал наилучшие результаты по замедлению перезревания. Полученные данные могут быть

использованы для создания технологий продления свежести фруктов и овощей, снижая потери в цепочках поставок.

По автореферату имеется следующее замечание. В автореферате могло бы быть более детально описано сравнение полученных энергий связи с литературными данными для других МОК, чтобы подчеркнуть конкурентные преимущества. Также желательно было бы более подробно осветить потенциальные экологические риски использования МОК в пищевой промышленности, включая возможную миграцию металлических ионов в продукты. Кроме того, отсутствует анализ масштабируемости предложенных методов синтеза для промышленного производства, что могло бы усилить практическую значимость работы. Наконец, в теоретическом моделировании стоило бы рассмотреть влияние температурных эффектов на энергии связи, используя молекулярную динамику в дополнение к DFT.

Отдельно отмечу, что указанные замечания не влияют на качество работы. Защищаемые положения, указывают на важность, актуальность и научную новизну представленной работы.

Автореферат соответствует требованиям ВАК РФ: объем и структура (введение, обзор литературы, методы, результаты, заключение) адекватны; приведены 5 публикаций в журналах Scopus/Web of Science; апробация на 10 конференциях, включая международные, подтверждает качество работы.

Таким образом, диссертация Пневской А.Ю. «Экспериментальное и теоретическое исследование сорбции этилена и 1-метилциклопропена в металлоорганических каркасных структурах» представляет собой новое законченное исследование, по объему и уровню соответствующее требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Пневская Анна Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.6.6 – Нанотехнологии и наноматериалы.

#### **Автор отзыва**

ФИО: Жидков Иван Сергеевич

Ученая степень: кандидат физико-математических наук

Год присуждения ученой степени и научная специальность, по которой присуждена ученой степени: 2014, 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Ученое звание: доцент

Место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Физико-технологический институт, кафедра электрофизики.

Должность: заведующий кафедрой, заведующий лабораторией

Контактная информация: почтовый адрес: 620002, Свердловская область,  
г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, УрФУ, кафедра электрофизики, e-mail:  
[i.s.zhidkov@urfu.ru](mailto:i.s.zhidkov@urfu.ru), тел.: +7 912 22 19 321

26 августа 2025 г

Подпись И.С. Жидкова заверяю:

Учёный секретарь Учёного Совета УрФУ



И.С. Жидков

В.А. Морозова

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ  
УЧЕНОГО СОВЕТА УРФУ  
КУДРЯШОВА Н.Н.