

**ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
АЛЕКСЕЕВОЙ ВИКТОРИИ АНДРЕЕВНЫ
«ДИЗАЙН ХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-
ПЕЧАТИ», ПРЕДСТАВЛЕННУЮ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
1.4.4 – ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Внедрение аддитивных технологий в химическую промышленность закладывает основу для перехода от традиционных стеклянных и металлических реакторов к современным цифровым функционально адаптивным системам. Диссертационная работа В.А. Алексеевой посвящена чрезвычайно актуальной и многообещающей научной задаче — экспериментальному обоснованию методологии использования аддитивных технологий (FFF и SLM) для создания химических реакторов и каталитических систем нового поколения, предназначенных для тонкого органического синтеза.

Автор исследует возможности двух ключевых методов аддитивного производства — экструзионной 3D-печати (FFF) и селективного лазерного плавления (SLM), для создания функциональных реакторов и каталитических систем. Особое внимание уделяется комплексной оценке физико-химических свойств используемых материалов: от инженерных термопластов (полиамид, полипропилен) до суперконструкционных полимеров (PEEK, PPS) и металлических сплавов (нержавеющая сталь 316L). Проведённые исследования включают испытания на химическую и термическую устойчивость, герметичность и механическую прочность готовых изделий. Полученные результаты позволяют рекомендовать некоторые из исследованных материалов для определённых типов синтетических задач.

Научная новизна работы заключается в создании комплексной методологии проектирования и аддитивного производства химических реакторов, как периодического, так и проточного действия. В работе впервые продемонстрирована возможность эффективного проведения реакций

трансферного гидрирования, винилирования и азид-алкинового циклоприсоединения в 3D-напечатанных реакторах, в том числе в условиях генерации газообразных реагентов *in situ*. Была проведена комплексная оценка химической устойчивости SLM-реакторов в реакциях кросс-сочетания Сузуки-Мияуры, Бухвальда–Хартвига, а также в реакциях S- и О-винилирования. Установлено, что в большинстве случаев выходы продуктов в металлических реакторах сопоставимы с выходами, полученными в стеклянной посуде, а в некоторых случаях даже превосходят их. Кроме того, автором разработаны каталитические картриджи, в которых наночастицы палладия иммобилизованы на поверхности 3D-напечатанных полимерных или металлических структур. Показано, что картриджи на основе полиамида обеспечивают высокую конверсию в реакции трансферного гидрирования и могут быть повторно использованы без потери активности.

Практическая значимость исследования неоспорима. Конструкции реакторов и каталитических картриджей, предложенные в работе, могут быть легко воспроизведены в лабораторных условиях, что в будущем позволит значительно сократить расходы на оборудование и стандартизацию. Разработанные решения обеспечивают высокую воспроизводимость результатов, безопасность экспериментов (в том числе благодаря использованию разрывных мембран) и совместимость с существующими лабораторными устройствами, такими как термоблоки и шприцевые насосы. Полученные результаты будут особенно востребованы в прикладных исследованиях на стыке химии и инженерии.

Вопросы и замечания к автору:

1. На рис. 1 представлена установка, оснащенная стеклянными капиллярами, заполненными каталитической смесью. Возможно ли использовать цельнопечатный пластиковый реактор, не требующий использования стеклянных капилляров? (Загрузка катализатора в таком случае могла бы осуществляться через печатный каталитический картридж).

2. В тексте автореферата отсутствует упоминание о возможности повторного использования исследуемых реакторов (за исключением однокамерных FFF-реакторов, используемых для проведения реакций S-винилирования и SLM-реакторов для реакции Сузуки–Мияуры). Возникает вопрос: можно ли другие реакторы использовать повторно и возможна ли их переработка после эксплуатации?

3. Проводилась ли количественная оценка палладия, оставшегося на стенках SLM-реактора после проведения реакции Сузуки–Мияуры?

Указанные вопросы не влияют на высокую оценку работы. Автореферат хорошо структурирован, написан четким и ясным языком. Стил ь изложения свидетельствует о высоком профессионализме автора и свободном владении материалом. По теме работы опубликовано 3 статьи в ведущих рецензируемых зарубежных научных журналах, а материалы работы представлены в виде 9 тезисов докладов на научных конференциях, что указывает на многократную апробацию работы. Достоверность результатов несомненна и обеспечена использованием совокупности физико-химических и аналитических методов исследования, включая ЯМР-спектроскопию, газовую хромато-масс-спектрометрию, масс-спектрометрию с электрораспылительной ионизацией, просвечивающую электронную микроскопию, энергодисперсионный анализ, механические испытания на растяжение и герметичность, а также оценку химической устойчивости материалов в широком диапазоне растворителей и температур.

Таким образом, работа Алексеевой В.А. «Дизайн химических реакторов и каталитических систем для органического синтеза с применением 3D-печати» полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует критериям, изложенным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Алексеева Виктория Андреевна, — заслуживает

присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности
1.4.4 – Физическая химия.

«25» ноября 2025 года



Ворожейкина Алеся Витальевна,
кандидат химических наук (1.4.7. Высокомолекулярные
соединения), научный сотрудник лаборатории физической
химии полимеров Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова
Российской академии наук (ИНЭОС РАН)
119334, Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1
email: vorozheikinaalesya@yandex.ru,
тел.: +7 (985) 724-80-72.

Согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с
защитой Алексеевой В.А. в диссертационном совете 24.1.092.02, и их
дальнейшую обработку.

Подпись Ворожейкиной А.В. заверяю

Ученый секретарь
ФГБУН ИНЭОС РАН



к.х.н. Гулакова Е.Н.