

Заключение диссертационного совета МГУ.014.8
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
Решение диссертационного совета от «16» декабря 2025 г. № 198

О присуждении Чувикову Сергею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Металл-органические координационные соединения и продукты их карбонизации как адсорбенты H_2 и CH_4 при высоких давлениях» по специальностям 1.4.15. Химия твердого тела и 1.4.4. Физическая химия. принята к защите диссертационным советом «05» ноября 2025 г., протокол № 194.

Соискатель Чувиков Сергей Владимирович, 1991 года рождения, в 2013 году окончил химический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова». В 2017 году Чувиков С.В. окончил очную аспирантуру химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по направлению «Химические науки». С сентября 2013 г. по март 2020г. и с декабря 2024 г. по настоящее время работает в должности инженера на кафедре химической технологии и новых материалов, химического факультета МГУ.

Диссертация выполнена на кафедре химической технологии и новых материалов химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель: – доктор химических наук, доцент **Клямкин Семен Нисонович**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», химический факультет, профессор кафедры химической технологии и новых материалов.

Официальные оппоненты:

Морозов Игорь Викторович – доктор химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», профессор кафедры неорганической химии, химического факультета,

Богдан Виктор Игнатьевич – доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского

Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лаборатории гетерогенного катализа и процессов в сверхкритических средах,

Антонов Владимир Евгеньевич – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории физики высоких давлений

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой квалификацией и опытом научной работы в областях химии твердого тела и физической химии, что подтверждается наличием публикаций в высокорейтинговых журналах. Морозов Игорь Викторович имеет большой опыт в получении и исследовании комплексных соединений и координационных полимеров. Антонов Владимир Евгеньевич является специалистом в области хранения газа при высоком давлении Богдан Виктор Игнатьевич является автором ряда публикаций по теме катализа реакций с водородом с использованием платиновых катализаторов. Большая часть публикаций официальных оппонентов близка по своей направленности к теме рассмотренной диссертации.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, из них 5 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в ядро РИНЦ и индексируемых в базах данных, Scopus, Web of Science, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальностям 1.4.15. Химия твердого тела. и 1.4.4. Физическая химия.

1. **S. N. Klyamkin, S. V. Chuvikov, N. V. Maletskaya, E. V. Kogan, V. P. Fedin, K. A. Kovalenko, D. N. Dybtsev**, High-pressure hydrogen storage on modified MIL-101 metal-organic frameworks // International journal of energy research. – 2014. – V. 38. – № 12. – P. 1562-1570. – EDN: UFCLMN. Импакт-фактор 4,2 (JIF). Объем 1,5 п.л. / вклад автора 30 %.

2. **S. V. Chuvikov, E. A. Berdonosova, A. Krautsou, J. V. Kostina, V. V. Minin, E. A. Ugolkova, S. N. Klyamkin**, Peculiarities of high-pressure hydrogen adsorption on Pt catalyzed Cu-BTC metal-organic framework // Physical Chemistry Chemical Physics. – 2021. – V. 23. – P. 4277-4286. – EDN: DROPSK. Импакт-фактор 2,9 (JIF). Объем: 1,56 п.л. / вклад автора 40 %.

3. **S. V. Chuvikov, S. N. Klyamkin**, Assessment of high-pressure hydrogen storage performance of Basolite® MOFs // International journal of energy research. – 2022. – V. 46. – № 15. – P. 21937-21947. – EDN: TVBWRP. Импакт-фактор 4,2 (JIF). Объем: 1,5 п.л. / вклад автора 60 %.

4. **S. V. Chuvikov**, S.N. Klyamkin High-pressure methane storage on metal-organic frameworks // Energy Storage. – 2024. – Т. 6. – № 1. – С. e523. – EDN: EMCFKP. doi.org/10.1002/est.2.523. Импакт-фактор 4,0 (JIF). Объем: 1,31 п.л. / вклад автора 65 %.

5. **S. V. Chuvikov**, M. A. Shmelev, A.S. Chistyakov, S. A. Nikolaevskii, A. A. Sidorov, M. D. Agapkin, S. S. Fedotov, S. V. Savilov, K. I. Maslakov, S. N. Klyamkin, Micro-mesoporous carbons form non-porous zinc-organic coordination compounds: synthesis, structure and gas adsorption properties // Carbon. – 2024. – V. 228. – P. 119421. – EDN: MZHMZO. Импакт-фактор 11,6 (JIF). Объем: 1,44 п.л. / вклад автора 35%.

На автореферат диссертации поступило четыре дополнительных отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований:

1. Впервые получены экспериментальные данные по адсорбции метана и водорода при давлении до 750 бар на серии пористых металл-органических каркасных полимерах (МОКП) МОКП с различным строением и архитектурой пор.
2. Установлено влияние удельной поверхности, теплоты адсорбции и температуры на величину максимума избыточной адсорбции и его положение на изотерме (поглощение – давление).
3. Определено влияние условий модифицирующей обработки МОКП с введением платинового катализатора на их водородсорбционные свойства. Предложена динамическая модель, связывающая повышение эффективной избыточной адсорбции водорода в области высоких давлений на композитах Pt@МОКП с увеличением подвижности атомарного водорода в каркасе МОКП.
4. Обнаружено специфическое поведение Cu-BTC в результате проведения поверхностной модификации и показано, что оно обусловлено частичным восстановлением меди Cu^{2+}/Cu^+ в присутствии платинового катализатора
5. Установлено влияние дентатности органического лиганда и атомного отношения Zn/C в исходных цинкодержащих металл-органических координационных соединений (МОКС) на особенности строения и адсорбционную способность углеродных материалов, полученных при их карбонизации.

Практическая значимость работы Чувикова С.В. заключается в следующем:

1. Оценена теоретически максимальная рабочая эффективность и диапазоны рабочих

- давлений МОКП для адсорбционного хранения водорода и метана. Реальная эффективность адсорбента определяется не величиной избыточной адсорбции, а рабочей емкостью, которая учитывает плотность адсорбента и остаточное количество газа при минимальном рабочем давлении в системе хранения.
2. Варьирование температуры загрузки и выгрузки (77 – 293 К) позволяет использовать МОКП в компрессионных установках адсорбционного типа для одностадийного сжатия водорода вплоть до 330 бар.
 3. Повышение степени дефектности углеродных материалов, полученных карбонизацией цинксодержащих МОКС, приводит к существенному увеличению теплоты адсорбции метана.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Исследованные МОКП и материалы на их основе химически и механически устойчивы к воздействию высокого давления вплоть до 750 бар, их взаимодействие с водородом и метаном полностью обратимо и воспроизводимо при повторных процессах адсорбции-десорбции.
2. Влияние поверхностной модификация МОКП катализатором Pt@C проявляется в повышении эффективной адсорбции водорода до 45 % в области высоких давлений и может быть связано с увеличением “длины свободного пробега” атомарного водорода в МОКП до его рекомбинации.
3. Для медьсодержащего МОКП характерны повышенные значения избыточной адсорбции и изостерической теплоты адсорбции водорода, а также плотности адсорбата, что связано с обратимым восстановлением $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ водородом при высоком давлении.
4. Карбонизация непористых цинксодержащих координационных соединений приводит к формированию микро-мезопористых углеродных материалов, величина удельной поверхности которых определяется атомным отношением Zn/C в исходном МОКС. Использование МОКС с монодентатными лигандами приводит к увеличению дефектности углеродного материала.
5. При оценке эффективности адсорбентов для хранения газов высокого давления определяющим параметром является рабочая емкость, учитываящая плотность адсорбента и остаточное количество адсорбата при 5 бар. Применение МОКС и продуктов их карбонизации в системах хранения адсорбционного типа ограничено давлением в 300 бар для метана и 100 бар для водорода.

На заседании «16» декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Чувикову С.В. ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела. и 4 доктора наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, участвовавших в заседании, из 33 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 4 человека), проголосовали: за – 24, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета МГУ.014.8
д.х.н., доцент., член-корр. РАН

Гудилин Е.А.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.014.8
к.х.н.

Еремина Е.А.