

Директор

к.ф.-м.н. Голосов Е.В.



№ 11 » сентября 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии
Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН)
(142432, Московская обл., г.о. Черноголовка, г. Черноголовка, проспект академика
Семенова, д. 1, адрес сайта: <https://icp-ras.ru>)

Диссертация «Поглощение серосодержащих газов кальциевыми сорбентами при фильтрационном горении конденсированных топлив и горючих отходов» на соискание ученой степени кандидата химических наук выполнена в отделе Горения и взрыва ФИЦ ПХФ и МХ РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Цветкова Юлия Юрьевна работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, в отделе Горения и взрыва, лаборатории Технологического горения в должности научного сотрудника. В настоящее время работает в Федеральном исследовательском центре проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, Отдел горения и взрыва, лаборатория Технологического горения в должности научного сотрудника.

Соискатель в 2011 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» по специальности «Технология энергонасыщенных материалов и изделий».

С 12 мая 2025 г. была прикреплена (приказ о зачислении №566 л от 30.04.2025 г.) в качестве соискателя для прохождения промежуточной аттестации в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр

проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук по научной специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов с результатами сдачи кандидатских экзаменов выдана 2 сентября 2026 г. ФИЦ ПХФ и МХ РАН в качестве подтверждающего документа.

Научный руководитель: Кислов Владимир Михайлович, кандидат физико-математических наук (01.04.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества), ведущий научный сотрудник лаборатории технологического горения, ФИЦ ПХФ и МХ РАН.

По итогам обсуждения диссертации «Поглощение серосодержащих газов кальциевыми сорбентами при фильтрационном горении конденсированных топлив и горючих отходов» на заседании секции № 1 Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН принято следующее заключение:

Работа Цветковой Юлии Юрьевны посвящена исследованию процессов поглощения различных соединений серы при горении конденсированных серосодержащих топлив и отходов с помощью добавки к горючему твердых кальциевых сорбентов.

Актуальность темы

Актуальность темы определяется современной экологической и энергетической ситуацией, требующей одновременно увеличения выработки потребляемой энергии (в том числе, за счет использования проблемных и некондиционных топлив), и предъявляющей все более жесткие требования по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Одним из наиболее опасных загрязнителей воздуха, образующихся при сжигании ископаемых топлив, является диоксид серы (SO_2), который при попадании в атмосферу вызывает образование кислотных дождей, оказывает негативное воздействие на здоровье человека и вызывают коррозию материалов. Поиск новых и совершенствование имеющихся методов предотвращения попадания SO_2 и других газообразных соединений серы в окружающую среду является необходимым условием решения современных проблем энергетики и экологии.

Новизна и практическая значимость результатов работы

Разработан комплексный подход к выбору оптимальных кальцийсодержащих сорбентов для нейтрализации серосодержащих газов при газификации твердых топлив в условиях фильтрационного горения, основанный на термодинамическом анализе стабильности сульфатов и сульфидов металлов.

Впервые проведено систематическое исследование закономерностей нейтрализации серосодержащих соединений при газификации конденсированных топлив в режиме фильтрационного горения при введении в реактор-газификатор кальциевых сорбентов.

Экспериментально найдены зависимости степени поглощения серы от количества введенного в шихту сорбента, удельной поверхности сорбента, размера частиц сорбента и температуры горения.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по выбору и использованию кальцийсодержащих сорбентов, создании научных основ для внедрения технологий нейтрализации серы при сжигании конденсированных топлив, определении оптимальных режимов горения для повышения эффективности и экономичности улавливания серосодержащих газов.

Реализованная схема газификации с использованием кальциевых сорбентов позволяет значительно снизить выбросы серосодержащих газов в атмосферу, что способствует снижению экологической нагрузки, затрат и развитию более экологичных и безопасных технологий в энергетике.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается:

1) применением апробированных экспериментальных методик, а также современного оборудования, гарантирующего необходимую разрешающую способность, 2) сопоставимостью полученных в работе данных об основных характеристиках процесса газификации конденсированных топлив (состав газообразных продуктов, скорость горения, максимальная температура) с данными работ других авторов для аналогичных систем; 3) воспроизводимостью и статистической достоверностью полученных результатов; 4) независимой экспертизой проведенной при рецензировании опубликованных статей.

Результаты работы подвергались многократной независимой положительной экспертизе и опубликованы в рецензируемых изданиях, индексируемых в *Scopus*, *Web of Science*, *RSCI*, относящихся к журналам K1 и K2 в классификации ВАК Минобрнауки РФ; основные результаты диссертации неоднократно обсуждались на российских и международных конференциях:

Симпозиум "Современная химическая физика" (2020, 2022, 2025), г. Туапсе; Всероссийская с международным участием Школа-семинар по структурной макрокинетике для молодых ученых (2018, 2019), г. Черноголовка; XV Всероссийский симпозиум по горению и взрыву (2020), г. Черноголовка; Международный Российско-

Казахстанский Симпозиум «Углекислота и экология Кузбасса» (2021, 2022, 2023), г. Кемерово; Международная научная конференция "Современная химическая физика - на стыке физики, химии и биологии" (2021), г. Черноголовка; Международная конференция, посвященная 70-летию ФИЦ ПХФ и МХ РАН «Современная химическая физика на стыке физики, химии и биологии» (2026), г. Черноголовка; XVI Всероссийский симпозиум по горению и взрыву (2022), г. Черноголовка; International Conference on Physics and Chemistry of Combustion and Processes in Extreme Environments (2022, 2024, 2026), г. Самара; Минский международный форум по тепломассообмену (2020, 2026), г. Минск, Белоруссия.

Плановый характер работы

Исследования по теме диссертации выполнены в рамках государственного задания ФИЦ ПХФ и МХ РАН № FFSG-2024-0016 (регистрационный номер № АААА-А19-119022690098-3). Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение от 24.04.2024 № 075-15-2024-543.

Полнота опубликования результатов и ценность научных работ соискателя ученой степени

Всего по материалам диссертации соискателем совместно с соавторами (Салганским Е.А., Глазовым С.В., Кисловым В.М., Зайченко А.Ю., Подлесным Д.Н., Цветковым М.В., Пилипенко Е.Н., Салганской М.В., Яновским Л.С. и Репиной М.А.) опубликовано 11 статей в журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ для защиты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и более 20 тезисов докладов на конференциях разного уровня.

Статьи по результатам работы:

1. Kislov V.M., Tsvetkova Y.Y., Glazov S.V., Tsvetkov M.V., Pilipenko E.N., Salganskaya M.V. Sulfur distribution in gasification products of car tires // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2020. V. 14. № 4. P. 660-665.
2. Kislov V.M., Tsvetkova Y.Y., Tsvetkov M.V., Pilipenko E.N., Salganskaya M.V. Neutralization of Sulfur Compounds during the Filter Combustion of Brown Coals with Mineral Additives // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2021. V. 15. № 4. P. 645-651.
3. Kislov V.M., Tsvetkova Y.Y., Tsvetkov M.V., Pilipenko E.N., Salganskaya M.V., Podlesniy D.N., Zaichenko A.Yu., Salgansky E.A. Experimental Study of Gasification of Car Tires in Filtration Combustion with Different Heat Carriers // Combustion, Explosion, and Shock Waves. 2023. V. 59. № 2. P. 199-205.

4. Tsvetkova Y.Y., Kislov V.M., Pilipenko E.N., Salganskaya M.V., Tsvetkov M.V. Neutralization of sulfur-containing gases during coal filtration combustion // Russian Journal of Physical Chemistry B. 2024. V. 18. № 4. P. 980-987.
5. Kislov V.M., Tsvetkova Y.Y., Pilipenko E.N., Salganskaya M.V., Zaychenko A.Y., Podlesny D.N., Salgansky E.A., Tsvetkov M.V. Absorption of Sulfur During Filtration Combustion of Sulfur-Containing Solid Fuels and Waste by Calcium-Containing Sorbents // Advances in chemical physics. 2025. V. 44. № 7. P. 26-33.
6. Tsvetkova Y.Y., Zaichenko A.Y., Podlesniy D.N., Salganskaya M.V., Kislov V.M., Salgansky E.A., Tsvetkov M.V. Stability of calcium sulfate at the gasification of solid fuel in the filtration mode // Advances in chemical physics. 2025. V. 44. № 8. P. 81-86.
7. Tsvetkova Y., Kislov V., Salganskaya M., Podlesniy D., Salgansky E. Influence of the particle size on the absorption of sulfur compounds at filtration combustion of sulfurous coal with marble // E3S Web of Conferences. 2024. V. 474. P. 01010.
8. Kislov V., Tsvetkova Y., Zaichenko A., Podlesniy D., Tsvetkov M., Salgansky E. Dynamics of sulfur absorption by marble during combustion of layered brown coal charge // E3S Web of Conferences. 2024. V. 541. P. 04002.
9. Кислов В.М., Цветкова Ю.Ю., Пилипенко Е.Н., Зайченко А.Ю., Подлесный Д.Н., Салганский Е.А., Салганская М.В., Репина М.А., Цветков М.В. Выбор оптимальной кальцийсодержащей добавки для поглощения серы при фильтрационном горении твердых топлив. // Химическая физика. 2026. Т. 45. № 7. С. 28-38.
10. Кислов В.М., Пилипенко Е.Н., Цветкова Ю.Ю., Зайченко А.Ю., Подлесный Д.Н., Салганский Е.А., Яновский Л.С., Салганская М.В., Репина М.А., Цветков М.В. Поглощение серы при термической переработке тяжелых углеводородов. // Химическая физика. 2026. Т. 45. № 7. С. 19-27.
11. Кислов В.М., Пилипенко Е.Н., Цветкова Ю.Ю., Зайченко А.Ю., Подлесный Д.Н., Салганский Е.А., Салганская М.В., Цветков М.В. Нейтрализация серы при термической утилизации кислого гудрона и нефтяного битума. // Нефтехимия. 2026. Т. 66. № 3. С. 348-357.

Все статьи, выполненные в соавторстве, процитированы в диссертации в соответствии с п. 14 критериев Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г., с учетом всех последующих изменений. Результаты, описанные в диссертации, являются оригинальными, заимствованные материалы без ссылки на источник заимствования отсутствуют.

В опубликованных материалах полно изложены основные результаты работы. Статья [6] содержит результаты, приведенные во второй главе диссертации. Работы [1-5, 7-11] содержат результаты, приведенные в третьей главе диссертации. Работы [8], [10] и [11] включают в себя описание методики проведения эксперимента в муфельной печи и определение зависимостей поглощения серосодержащих газов сорбентом в зоне пиролиза, изложенные в 3 главе диссертации. В работе [6] приведён термодинамический расчёт устойчивости сульфата кальция в высокотемпературной зоне реактора фильтрационного горения и представлены зависимости доли серы остающейся в твердом остатке от температуры. В работах [1-5], [7] и [9], [10] представлены характеристики исследуемых материалов, методики проводимых экспериментов, определены зависимости доли серы в твердом остатке от вида сорбента, размера частиц в различных видах топлива. Данные этих работ изложены в третьей главе диссертации.

Ценность научных работ соискателя для специальности «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» обусловлена получением закономерностей, дополняющих знания о химических процессах взаимодействия газообразных соединений серы с кальциевыми сорбентами в условиях высокотемпературных режимов газификации и горения конденсированных топлив. В том числе созданием научных основ для внедрения технологий нейтрализации серы при сжигании конденсированных топлив, определении оптимальных режимов горения для повышения эффективности и экономичности улавливания серосодержащих газов.

Личный вклад автора

Автор участвовал в постановке и обосновании основной части исследований по изучению закономерностей поглощения серосодержащих газов кальциевыми сорбентами при газификации конденсированных топлив в режиме фильтрационного горения. Интерпретация экспериментальных результатов и формулировка выводов осуществлялась совместно с научным руководителем.

Публикации по материалам, изложенным в диссертации, выполнены в соавторстве. В работах [1-5]-[7-11] соискателем проведена экспериментальная часть, обработка и интерпретация результатов. В работах [4] и [6] соискателем написаны первичные версии статьи, а также в работе [6] проведен термодинамический расчёт с помощью программы *Terra*. Автор принимал непосредственное участие в планировании и проведении экспериментов и написании статей.

Соответствие диссертации научным специальностям, отрасли науки

Диссертация Цветковой Юлии Юрьевны на тему: «Поглощение серосодержащих газов кальциевыми сорбентами при фильтрационном горении конденсированных топлив и

горючих отходов» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой впервые проведено систематическое исследование закономерностей нейтрализации серосодержащих газов в реакторе фильтрационного горения с использованием кальциевых сорбентов.

Работа соответствует паспорту специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, в п. 10 (Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения; связь химической и физической природы веществ и систем с их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения;), в п.11 (<...>взаимодействие волн горения и взрывчатого превращения со средой, объектами и веществами; явления, порождаемые горением и взрывчатым превращением; процессы горения и взрывчатого превращения в устройствах и аппаратах для производства энергии, работы, получения веществ и продуктов; управление процессами горения).

Решение о рекомендации работы к защите

Диссертация Цветковой Юлии Юрьевны «Поглощение серосодержащих газов кальциевыми сорбентами при фильтрационном горении конденсированных топлив и горючих отходов» соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.04.2013 г. с учетом всех последующих изменений, применительно к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (химические науки).

Заключение принято на заседании секции № 1 Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН (протокол № 5 от 11.06.2026 г.). Присутствовало на заседании 9 членов совета из 14. Результаты голосования: «за» – 9, «против» – 0, «воздержались» – 0.

Зам. председателя секции № 1
Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН
д.ф.-м.н.

/Е.А. Салганский/

Секретарь секции № 1
Ученого совета ФИЦ ПХФ и МХ РАН
к.х.н.

/В.С. Смирнов/