

«Утверждаю»

Проректор Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский
государственный университет имени М.В.

Ломоносова», д.ф.-м.н., профессор РАН

Андрей Анатольевич Федянин



15.01 2018г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Кунгуровой Ольги Анатольевны «Приготовление и физико-химические свойства кобальт-алюминиевых катализаторов синтеза Фишера-Тропша с добавками фосфат-анионов и оксида циркония или рутения», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 02.00.04 – Физическая химия, 02.00.01 – Неорганическая химия

Актуальность избранной темы

По мере развития технологии все большее внимание уделяется поиску новых функциональных материалов, в том числе каталитических, для удовлетворения возрастающих технологических потребностей. Технология «газ-в-жидкость» (gas-to-liquid, GTL), базирующаяся на каталитическом синтезе Фишера-Тропша (СФТ), является одной из перспективных технологий получения углеводородов из природного газа. Наиболее активными катализаторами для получения преимущественно линейных алифатических углеводородов и восков в низкотемпературном процессе синтеза Фишера-Тропша являются кобальт-нанесенные катализаторы, в частности, кобальт-алюминиевые катализаторы $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Для обеспечения высокой активности и селективности в процессе, активный компонент – металлический кобальт – должен быть стабилизирован на поверхности носителя в виде нанодисперсных частиц с размерами в весьма узком диапазоне от 6 до 10 нм. Температура восстановительной активации зависит от степени взаимодействия кислородсодержащих соединений кобальта с оксидным носителем. Сильное взаимодействие Al_2O_3 с соединениями кобальта на стадии нанесения прекурсора активного компонента приводит после термообработки к образованию совместных Co-Al оксидов, восстановление которых водородом протекает при температуре выше 500 °С. Столь высокая температура восстановительной активации значительно затрудняет промышленное использование данных катализаторов. С другой стороны, некоторое взаимодействие между носителем и прекурсором активного компонента приветствуется, так как оно обеспечивает высокую дисперсность металлических частиц после восстановления за счет закрепления прекурсора активного компонента на поверхности Al_2O_3 , препятствует их миграции и спеканию в условиях реакции СФТ и, таким образом, способствует высокой активности катализатора и его стабильности.

Исследования методов синтеза нанесенных оксидных систем, восстановление которых при относительно низких температурах позволяет получить наночастицы металлического кобальта с узким распределением по размеру на поверхности алюмооксидного носителя, кинетических закономерностей и механизма процессов восстановления сложных оксидных систем – это актуальная область неорганической и физической химии, имеющая как фундаментальное, так и прикладное значение. Диссертационная работа Кунгуровой О.А. посвящена изучению влияния выбранного способа приготовления кобальтсодержащих оксидных каталитических материалов на основе носителя – оксида алюминия, а также влияния химического модифицирования фосфат-анионами, оксидом циркония и рутением на природу и характер формирования активного состояния поверхности катализатора.

Таким образом, исследование взаимосвязи между составом и структурой $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализаторов и их физико-химическими свойствами, в том числе каталитическими свойствами в СФТ, а также изучение фундаментальных закономерностей формирования активного состояния поверхности в процессе восстановительной активации оксидных предшественников обуславливает актуальность диссертационной работы.

Целью диссертационной работы является установление влияния методов приготовления кобальт-алюминиевых катализаторов синтеза Фишера-Тропша с использованием добавок соединений различной природы (фосфат-анионы, оксид циркония, рутений), на температуру и характер восстановительной активации, размеры частиц активного компонента и их каталитические свойства.

Структура и содержание работы

Основные положения диссертационной работы изложены на 165 странице текста, проиллюстрированы 47 рисунками и 12 таблицами. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения с выводами, списка условных обозначений и сокращений, списка литературы из 255 наименований.

Во введении О.А. Кунгурова кратко обосновывает актуальность работы, формулирует цель работы и её задачи, отмечает научную новизну, практическую значимость, формулирует положения, выносимые на защиту, указывает, какую апробацию прошла работа, описывает личный вклад автора в исследование.

В Первой главе автором приведен подробный литературный обзор современных представлений о способах формирования активного состояния в кобальтовых катализаторах гидрирования СО. В литературном обзоре О.А. Кунгурова достаточно внимательно, но без излишних подробностей, описывает процесс гидрирования СО (синтез Фишера-Тропша), его особенности, механизм каталитического действия кобальтовых катализаторов синтеза Фишера-Тропша, состав продуктов и влияние параметров процесса на селективность процесса, и – очень детально – требования к катализаторам синтеза Фишера-Тропша и методы их синтеза. Автор демонстрирует чёткое понимание как цели – синтеза системы наночастиц металлического кобальта, нанесенных на поверхность носителя при соблюдении оптимального размера частиц в узком диапазоне от 6 до 10 нм и достижения высокой доли восстановленного кобальта, так и понимание сложности этой задачи и возможных путей её решения, испробованных исследователями в мире до настоящей работы. По результатам обсуждения 170 работ диссертант завершает Главу 1 разделом «Постановка цели и задач исследования», в котором цель диссертационной работы и её задачи выводятся из анализа современных литературных данных.

Во Второй главе О.А. Кунгурова тщательно описывает экспериментальные методики, использованные в диссертационной работе: методики синтеза материалов путем нанесения оксидных соединений кобальта на оксиды алюминия, методику модифицирования носителя соединениями фосфора и циркония, методику промотирования нанесенного оксидного материала «кобальт-оксид алюминия» введением нитрозильного комплекса рутения, методики исследований приготовленных образцов физико-химическими методами, включая: низкотемпературную адсорбцию азота, атомно-эмиссионную спектроскопию, рентгенофазовый анализ (в том числе *in-situ* с использованием синхротронного излучения), инфракрасную спектроскопию, электронную микроскопию, температурно-программируемое восстановление, термогравиметрический анализ, рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию, адсорбционные исследования при разложении N_2O . Отдельно в этой главе детально изложены методы исследования кинетики восстановления кобальт-алюминиевых оксидных систем, включая методы безмодельной обработки результатов кинетического эксперимента по методам Фридмана, Озава-Флинн-Уолла, а также моделирования методами регрессионного анализа кинетических кривых. Очень аккуратно описана методика проведения каталитических испытаний в синтезе Фишера-Тропша. Диссертант уделила большое внимание описанию методики активации катализатора, проведения испытаний, геометрии реакционного объема и описанию методики анализа продуктов реакции и методики обработки полученных каталитических данных. Столь тщательное описание экспериментальных методик исследования, использованных в работе, подтверждает достоверность обсуждаемых далее экспериментальных данных.

В Главе 3 описаны результаты, полученные в работе при исследовании влияния введения структурных модификаторов фосфат-анионов и оксида циркония на поверхность носителя $\gamma-Al_2O_3$ с последующим введением прекурсора кобальта методами пропитки на физико-химические свойства модифицированной кобальт-алюминиевой оксидной системы и каталитические свойства в реакции синтеза Фишера-Тропша. В главе приведены текстурные характеристики, структура, фазовый состав, распределение элементов в синтезированных материалах, размеры кристаллитов кобальтсодержащих фаз в оксидных предшественниках катализаторов. Представлена общая картина изменения температурных областей существования кобальтсодержащих фаз методами ТГ и ТПВ. Приведены данные каталитического эксперимента СФТ в проточном реакторе с дальнейшим обсуждением состава и структуры активного состояния поверхности катализаторов. В результате исследования было показано, что модифицирование носителя $\gamma-Al_2O_3$ оксидными соединениями фосфора и циркония не привело к значительному различию в фазовом составе образцов, полученных нанесением кобальтсодержащих прекурсоров из раствора или из расплава нитрата кобальта. Было обнаружено, что модифицирование носителя и введение нитрата кобальта методом пропитки расплавом препятствует взаимодействию катионов Co^{n+} с носителем по механизму замещения протонов поверхностных гидроксильных групп, однако доля трудно восстанавливаемого кобальта при этом возрастает. Данные ЭДС образцов в восстановленном состоянии после каталитических испытаний показали, что соединения модифицирующих элементов, в частности оксид циркония, локализуются на межфазной границе металл-носитель или декорируют частицы металлического кобальта малого размера. На основании результатов каталитических испытаний сделано заключение о меньшей активности модифицированных $Co/\gamma-Al_2O_3$ катализаторов и повышению их селективности в сторону образования легких и насыщенных углеводородов за счет более

широкого распределения частиц Co^0 по размерам (а также присутствие крупных агломератов частиц с размерами до 500 нм).

Глава 4 диссертации посвящена исследованию влияния введения нитрозо-комплекса рутения в $\text{Co-}\delta\text{Al}_2\text{O}_3$ катализатор на физико-химические свойства, кинетические закономерности и схему восстановления в водородсодержащей среде. В первой части главы приведены результаты, полученные при определении текстурных характеристик, структуры, фазового состава, распределения элементов в объеме гранул катализатора и размеры кристаллитов кобальтсодержащей активной фазы в оксидных предшественниках. Обсуждается изменение температурных областей существования оксидных кобальтсодержащих фаз и их структуры в процессе восстановления. Вторая часть главы посвящена изучению кинетики восстановления промотированных нитрозильным комплексом рутения и непромотированных $\text{Co-}\delta\text{Al}_2\text{O}_3$ оксидных предшественников катализаторов в неизотермических условиях методами термогравиметрии и РФА *in situ*, приведено кристаллохимическое обоснование схемы восстановления. Анализ кинетических кривых проведен как безмодельными методами Фридмана и Озавы-Флинна-Уолла, так и моделированием кинетических зависимостей методом нелинейной регрессии с выбором наиболее подходящих моделей. Кристаллохимические превращения кобальтсодержащих фаз представлены в динамике изменения размеров ОКР во время восстановительной активации с сопоставлением этих данных с результатами кинетического моделирования. В третьей части главы представлены данные метода РФЭС о составе поверхностного слоя исследуемых материалов и электронном состоянии кобальта и рутения при разных температурах восстановительной активации. На основании этих данных, а также данных электронной микроскопии и ЭДС обсуждается элементный состав и структура активного состояния поверхности катализаторов.

В результате этого исследования удалось определить влияние рутения на протекание процесса восстановления оксидных соединений кобальта в токе водорода, оценить кинетические параметры и установить характерные черты схемы восстановления оксидных соединений кобальта. В том числе было показано, что введение небольших количеств промотора (до 1 масс. %) из комплекса гран-Ru(NO)(NH₃)₂(NO₃)₃ на поверхность сложного кобальт-алюминиевого оксидного материала приводит к ускорению процесса восстановления оксидных кобальтсодержащих фаз, снижению характерных температур протекания обеих стадий восстановления, обозначенных как $\text{Co}^{3+} \rightarrow \text{Co}^{2+}$ и $\text{Co}^{2+} \rightarrow \text{Co}^0$. Причём температурный диапазон образования фазы металлического кобальта смещается в область меньших температур более чем на 250 °С в присутствии промотирующей добавки. Моделирование экспериментальных кинетических зависимостей методами регрессионного анализа и изменение размеров области когерентного рассеяния кобальтсодержащих фаз позволило выделить три последовательных этапа процесса восстановления оксидных соединений кобальта. На первом этапе для промотированных комплексом рутения и непромотированных образцов катализаторов происходит образование нескольких зародышевых центров фазы CoO^* внутри одного кристаллита Co_3O_4^* с дальнейшим их ростом, который описывается кинетической моделью Авраами-Ерофеева (A_{n1}) с порядком реакции $n_1 < 1$, указывающим на значительные диффузионные торможения при росте частиц CoO^* . Стабилизацию высокодисперсного состояния CoO^* обеспечивают катионы алюминия, входившие в состав исходного оксида – Co_3O_4 – и вытесненные на междоменную границу в ходе восстановления. Промотирование комплексом рутения приводит к образованию значительно меньшего числа кристаллитов CoO^* из исходной шпинелеподобной оксидной

фазы Co_3O_4^* . Для образца, промотированного 1 масс. % Ru, можно предположить образование 1 ОКР CoO^* из 1 ОКР Co_3O_4^* . На втором этапе происходит диффузионно-контролируемый процесс зародышеобразования фазы металла Co^0 , за которым следует третий этап медленного роста металлических частиц, лимитируемый диффузией ионов по модели Яндера (D). На стадии D промотирование рутением приводит к совместному понижению величин наблюдаемой энергии активации и предэкспоненциального множителя (следующее линейному выражению изокинетического (компенсационного) эффекта), что свидетельствует о снижении диффузионных затруднений на завершающем этапе восстановления оксида кобальта. Представлены данные РФЭС и электронной микроскопии, которые свидетельствуют, что в активном состоянии промотированные комплексом рутения $\text{Co}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализаторы после восстановления водородом содержат рутений, преимущественно, в составе металлических частиц кобальта, в том числе в декорирующем оксидном слое. В образцах, содержащих более 0,5 масс. % Ru, часть рутения образует частицы металлического рутения размером 1–2 нм, локализованные на поверхности оксидного носителя.

В Главе 5 представлены результаты каталитических испытаний кобальтсодержащего образца, нанесенного на $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$, промотированного комплексом рутения, в синтезе Фишера-Тропша. Было показано, что введение рутения в количестве до 1 масс. % в состав оксидного Co-Al катализатора методом пропитки нитратно-аммиачным комплексом нитрозорутения приводит к значительному снижению характерной температуры восстановительной активации с 500 до 330 °С с сохранением высокой каталитической активности и селективности по C_5+ продуктам в реакции синтеза Фишера-Тропша. После восстановительной активации рутений-содержащих $\text{Co}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализаторов при характерных температурах, позволяющих достичь одинаковой доли металлического кобальта и близкого размера его частиц, промотированные рутением катализаторы оказались более селективны по отношению к олефинам и высокомолекулярным углеводородам.

В Заключении О.А. Кунгурова сформулировала выводы диссертации.

Представленная работа является цельным и завершенным исследованием, хорошо структурирована и логически выстроена. Работа написана ясным языком, результаты и их обсуждение изложены последовательно и логически непротиворечиво. Задачи, поставленные в диссертационной работе, четко сформулированы, выбор объектов исследования аргументирован, выводы и основные научные положения обоснованы.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5-ти статьях, в том числе 5-ти статьях в журналах, входящих в Перечень журналов, рекомендованных для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций, в патенте на изобретение РФ и в 9 материалах и тезисах докладов конференций. Автореферат и опубликованные работы полно отражают содержание диссертации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна.

Научная новизна результатов, полученных Кунгуровой О.А. в рамках выполнения диссертационной работы, не вызывает сомнения. Значительная часть экспериментальных исследований была выполнена впервые, в том числе:

Впервые проведен синтез модифицированных фосфат-анионами и оксидом циркония $\text{Co}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализаторов СФТ. Впервые методами ПЭМ и ЭДС показано, что оксид циркония способен декорировать поверхность наночастиц металлического кобальта и/или

входить в состав смешанного оксидного слоя, содержащего катионы Co, Al и Zr. На основании данных ИК-спектроскопии показано, что последовательно введенные модификаторы препятствуют взаимодействию катионов Co^{n+} с носителем $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ по механизму замещения протонов поверхностных гидроксильных групп, что приводит к увеличению размеров частиц активной фазы и снижению каталитической активности в СФТ по сравнению с немодифицированными катализаторами.

Методами РФА *in situ* и термогравиметрического анализа впервые показано влияние содержания Ru на изменение размеров кристаллитов оксидных кобальтсодержащих фаз в структуре $\text{Co}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализаторов в ходе температурно-программированного восстановления в токе водорода. Полученные новые экспериментальные данные о кинетических закономерностях восстановления кобальта позволили диссертанту предложить кинетическую схему процесса восстановления. Установлено, что и для непрототированного, и прототированных рутением $\text{Co}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализаторов процесс восстановления описывается общей схемой, включающей три последовательных этапа: (1) образование нескольких центров фазы CoO^* внутри одного кристаллита Co_3O_4^* с дальнейшим их ростом по модели Авраами-Ерофеева (An_1), (2) диффузионно-контролируемый процесс зародышеобразования фазы Co^0 (An_2), (3) медленный рост частиц Co^0 , ограниченный диффузией ионов через слой Co-Al оксида и описываемый моделью Яндера. Показано, что рутений способствует ускорению зародышеобразования металлической фазы на этапе An_2 и снижению диффузионных затруднений на завершающем этапе восстановления кобальта.

Впервые проведено сравнение каталитических свойств прототированных рутением $\text{Co}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ катализаторов в СФТ после их восстановительной активации в условиях, позволяющих достичь одинаковых размеров частиц и доли металлического кобальта. В рамках такого подхода установлено, что присутствие рутения в металлических частицах кобальта и/или в декорирующем оксидном слое кобальта, способствует увеличению селективности образования олефинов и более высокомолекулярных парафинов без значительного снижения активности катализатора.

Практическая значимость

В диссертационной работе получены экспериментальные результаты, которые могут быть использованы для разработки способов приготовления неорганических функциональных материалов, в том числе проявляющих каталитическую активность, на основе Co_3O_4 , γ -, $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ и содержащих добавки фосфат-анионов, оксида циркония и рутения. Прототированные рутением $\text{Co}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ наноструктурированные материалы имеют низкую температуру восстановления Co_3O_4 до Co^0 и узкий диапазон размеров частиц кобальта 5-10 нм. В диссертации продемонстрировано, что материал можно эффективно использовать в качестве катализатора получения высокомолекулярных твердых углеводородов в низкотемпературном процессе СФТ. Диссертант приводит экспериментальную оценку селективности по синтетическим воскам $\text{C}_{20+} \sim 48$ масс. %, в том числе по церезинам $\text{C}_{35+} \sim 23$ масс. %, что является очень высокими показателями. На катализатор и процесс получения высокомолекулярных углеводородов Кунгурова О.А. и её соавторы получили Патент РФ 2610523.

Достоверность полученных результатов

Достоверность материалов, представленных в диссертационной работе Кунгуровой О.А., базируется на согласовании теоретических представлений и

экспериментальных данных, для получения которых использован широкий комплекс современных физических и физико-химических методов, в том числе методов *in-situ*. Описание методики проведения эксперимента в диссертации приведено подробно в Главе 2 диссертации. Тщательность представленного описания методики исследования позволяет высоко оценить достоверность полученных экспериментальных данных. Обсуждение результатов исследований проведено с привлечением литературных данных и теоретических моделей. Научные положения диссертации и её выводы базируются на полученном экспериментальном материале, находятся в согласии между собой, теоретическими моделями и известными литературными данными. Достоверность полученных результатов и научных положений диссертации подтверждается широким обсуждением этих результатов на международных конференциях, включая XII Европейский конгресс по катализу, II и III Российские конгрессы по катализу, а также опубликованием этих результатов в уважаемых российских и международных рецензируемых журналах: *Reaction kinetics, mechanisms and catalysis*, *Applied catalysis A: Chemical*, Катализ в промышленности, Известия академии наук: Серия химическая.

Замечания и вопросы по диссертационной работе:

1. По данным ЭДС (рис. 3.7) на странице 80 делается предположение, что цирконий «концентрируется на межфазной поверхности металл-носитель и декорирует дисперсные частицы металлического кобальта». Какой механизм может предложить диссертант для концентрирования оксида циркония на поверхности металлических частиц?

2. Экспериментальные данные в табл. 3.2 и на рис. 3.5. свидетельствуют, что модифицирование катализатора $\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ фосфат-анионами и оксидом циркония приводит к значительному снижению в продуктах реакции гидрирования CO доли непредельных углеводородов. Диссертант это отмечает на стр. 78, однако оставляет этот факт без обсуждения. Какова причина такого влияния модифицирования фосфат-анионами и оксидом циркония?

3. При испытании каталитических свойств в реакции СФТ сводили ли материальный баланс реакции?

4. При описании методики термогравиметрических исследований кинетики восстановления кобальта в системе $\text{Co}/\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ отмечается (стр. 51), что кроме экспериментов с навеской 100 мг, «для определения степени влияния процессов тепло- и массопереноса серию таких же опытов, но с меньшей навеской в 20 мг, провели на образце катализатора *Co-Al*». Однако далее в тексте диссертации сравнение результатов серий измерений с навесками 20 и 100 мг не обсуждается. Учитывая важность этих экспериментов для выводов, было бы желательно прокомментировать, насколько размер образца сказывался на результатах кинетических исследований процесса восстановления.

5. Чем вызвана большая погрешность в определении эффективной энергии активации восстановления вдоль пути реакции для *Co-Al* катализатора по данным энергетических профилей Фридмана (а) и Озавы-Флинна-Уолла (б) на рис. 4.7?

6. По данным термического анализа кинетика восстановления Co_3O_4 значительно отличается от нанесенной на оксид алюминия системы. Безмодельный анализ Фридмана и ОФУ на рис. 4.7 демонстрирует значительно меньшие энергии активации. А что показало моделирование методом регрессионного анализа? Применим ли механизм, предлагаемый диссертантом, для нанесенной на оксид алюминия системы, как промотированной, так и не промотированной рутением, и для массивного оксида кобальта? Этот вопрос выходит за

рамки диссертационной работы, однако было бы желательно узнать результаты моделирования восстановления массивного оксида кобальта, если они есть.

В диссертационной работе есть некоторые недочёты в оформлении и опечатки, например, на стр. 78: вместо «(рисунок 3.4)» должно быть написано «(рисунок 3.5)».

Однако в целом необходимо отметить высокое качество оформления диссертации, включая качество оформления рисунков, таблиц, формул, полноту списка использованных сокращений, корректность списка цитируемых литературных источников.

Высказанные выше замечания и вопросы являются дискуссионными и не ставят под сомнение отмеченные выше актуальность исследования, новизну и достоверность результатов, обоснованность сделанных автором выводов.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5-ти статьях, в том числе 5-ти статьях в журналах, входящих в Перечень журналов, рекомендованных для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций (в том числе 2 статьи в зарубежных научных журналах, индексируемых Web of Science, 2 статьи в российских научных журналах, переводные версии которых индексируются Web of Science), 1 патенте и в 9-ти материалах и тезисах докладов конференций. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации.

Предложения по расширенному использованию результатов работы

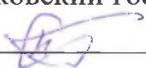
Полученный теоретический и экспериментальный материал может быть рекомендован для использования в решении научных и прикладных задач **неорганической и физической химии** в вузах России и в научно-исследовательских организациях: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Санкт-Петербургский государственный университет, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Ивановский государственный химико-технологический университет, Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Институт проблем химической физики РАН, Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, ФГБУН Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов, ОАО «ВНИИГАЗ», Объединенный центр исследования и разработок РН-ЦИР и других. Результаты работы могут быть использованы также российскими производственными компаниями в области добычи и переработки природного газа и нефти, производства высокомолекулярных восков или производства катализаторов, такими как: ПАО «Газпром», ПАО «НК Роснефть», ФКП Завод им. Я.М. Свердлова, ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза», ЗАО «Безопасные технологии» и другими.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Кунгуровой О.А. «Приготовление и физико-химические свойства кобальт-алюминиевых катализаторов синтеза Фишера-Тропша с добавками фосфат-анионов и оксида циркония или рутения», является законченной научно-квалификационной

работой, содержащей решение важной задачи в области физической и неорганической химии, направленной на установление связи между способом приготовления, природой, составом наноструктурированных композиционных материалов на основе Co_3O_4 , γ -, δ - Al_2O_3 с добавками фосфат-анионов, оксида кобальта и рутения и их текстурными свойствами, структурными характеристиками (в том числе состав и размер частиц активного компонента), характером восстановительной активации, каталитической активности, а также определением способов управления составом поверхности таких материалов для целенаправленного изменения их активности и селективности, по своей научной и практической значимости соответствует всем требованиям пп. 9-14 Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842) к кандидатским диссертациям, а ее автор – Кунгурова Ольга Анатольевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 02.00.04 – Физическая химия и 02.00.01 – Неорганическая химия.

Отзыв подготовил:

Ведущий научный сотрудник лаборатории катализа и газовой электрохимии Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» д.х.н., профессор  Петр Александрович Чернавский

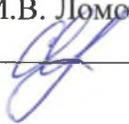
Отзыв на диссертацию Кунгуровой О.А. заслушан и утвержден на заседании кафедры физической химии Химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, протокол заседания № 15 от 20.12. 2017 г.

Заведующий кафедрой физической химии
Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
Академик РАН  Валерий Васильевич Лунин

Ученый секретарь кафедры физической химии
Химического факультета МГУ имени Ломоносова  Л.А. Засурская

Зам. декана/Декан
Химического факультета МГУ имени Ломоносова  С.Н. Калмыков

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1,
Телефон: 8 (495) 939-10-00 www.msu.ru
Электронная почта: chern5@inbox.ru

Секретарь заседания, _____ (Ф.И.О.)
Зам. декана Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова по научной работе,
д.х.н., профессор  С.Н. Калмыков