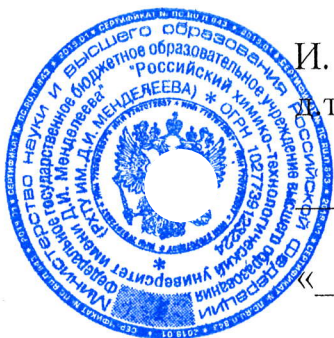


«УТВЕРЖДАЮ»

И. о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева,
т.н., проф. И. В. Воротынцев



« 01 » июня 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Синтез и коллоидно-химические свойства гидрозолей диоксида марганца» по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия (химические науки) выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» на кафедре коллоидной химии.

В процессе подготовки диссертации Аунг Ко Зо «09» июня 1991 года рождения, был аспирантом кафедры коллоидной химии Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева в период с 1 сентября 2017 г. по 1 сентября 2021 года, а затем с 31 сентября 2021 года по настоящее время является соискателем той же кафедры.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов (справка об обучении в аспирантуре) выдан ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» в 2023 году.

Научный руководитель кандидат химических наук, доцент кафедры коллоидной химии ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Яровая Оксана Викторовна.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Синтез и коллоидно-химические свойства гидрозолей диоксида марганца» принято следующее заключение.

(с)

Актуальность темы исследования. Золи как объекты промышленного получения и использования известны достаточно давно. Наибольшее распространение получили золи бемита, диоксидов кремния, циркония и титана, которые обладают высокой агрегативной устойчивостью. В настоящее время активно разрабатываются методики синтеза золей оксидов и гидроксидов переходных металлов, которые представляют несомненный интерес для развития технологий катализаторов, сенсоров, оптических и магнитных материалов нового поколения. В силу химических свойств этих соединений, такие золи обладают невысокой агрегативной устойчивостью. Это не позволяет получать системы с высокой концентрацией без введения дополнительных стабилизаторов и длительной стадии концентрирования. Получение высокодисперсных порошков из таких систем экономически невыгодно, но перспективным вариантом их использования является модификация поверхности носителя с целью придания ей качественно новых свойств. В частности, это может представлять интерес для развития технологии нанесенных катализаторов, в том числе на носителях различной формы и природы. Подобные разработки сдерживаются отсутствием доступных для воспроизведения и дальнейшего масштабирования методик синтеза золей, а также отсутствием данных об основных закономерностях использования золей с малыми концентрациями. Диоксид марганца является одним из широко используемых катализаторов, и разработка коллоидно-химических основ получения и использования гидрозолей диоксида марганца или его предшественников является актуальной задачей.

Степень разработанности темы. В литературе приведено достаточно много методик получения наноразмерных частиц диоксида марганца. При этом отсутствует систематизация и анализ свойств подобных систем. Данные о получении гидрозолей достаточно отрывочны, в работах практически не обсуждаются вопросы агрегативной устойчивости, исследователи сосредоточены на получении материалов заданного химического состава. Это не позволяет осуществить обоснованный выбор методики синтеза и условий использования данных систем. Теоретической и методологической базой при написании данной

работы послужили работы сотрудников кафедры коллоидной химии РХТУ им. Д.И. Менделеева, которые имеют многолетний опыт в разработке методик синтеза золей оксидов металлов, определения их коллоидно-химических свойств и применения подобных систем при получении материалов различного назначения. При разработке методик синтеза гидрозолей на начальном этапе были проведены эксперименты по модификации методик синтеза высокодисперсных порошков диоксида марганца, разработанная в Институте общей и неорганической химии Национальной Академии наук Беларуси (работы А.И. Иванца с соавт., 2015 г.).

Цель работы. Целью исследования является разработка способов синтеза гидрозолей диоксида марганца, пригодных для получения нанесенных каталитически активных слоев и получение комплекса данных об их основных коллоидно-химических свойствах.

Задачи работы. Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать способы синтеза агрегативно устойчивых гидрозолей диоксида марганца.
2. Получить комплекс данных об основных коллоидно-химических свойствах синтезированных золей, включая данные об их агрегативной устойчивости.
3. С использованием синтезированных гидрозолей получить образцы катализаторов $\text{MnO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и провести каталитические испытания.

Научная новизна. Разработаны оригинальные способы синтеза, позволяющие получать агрегативно устойчивые водные дисперсии наночастиц (гидрозоли) MnO_2 , пригодные для получения нанесенных катализаторов. Установлен характер влияния различных условий синтеза золей на размер частиц, величину рН дисперсионной среды, остаточное содержание марганца в дисперсионной среде. Впервые получен комплекс данных об основных коллоидно-химических свойствах синтезированных золей: установлен интервал рН дисперсионной среды, в котором золи обладают наибольшей агрегативной

устойчивостью; определены знак и величина электрокинетического потенциала синтезированных систем, установлено влияние концентрации гидрозоля на величину электрокинетического потенциала и порога быстрой коагуляции, определены максимальные концентрации гидрозолей, после достижения которых системы теряют свою агрегативную устойчивость; на основании полученных экспериментальных данных определены сложные константы Гамакера для взаимодействия двух частиц золь. С использованием классической теории ДЛФО проведена оценка агрегативной устойчивости синтезированных золь, и подтверждена возможность протекания адагуляции частиц на поверхности $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Теоретическая и практическая значимость. Разработаны способы синтеза золь диоксида марганца, позволяющие получать системы с воспроизводимыми свойствами. Определены основные коллоидно-химические свойства, необходимые для управляемого получения нанесенных катализаторов. Продемонстрирована возможность прогнозирования формирования нанесенных слоев на основании расчетов по теории ДЛФО. Экспериментально подтверждено, что образцы нанесенных катализаторов $\text{MnO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ проявляют каталитическую активность в реакции разложения красителя метиленового синего в присутствии пероксида водорода в разбавленных водных растворах.

Методология и методы исследования. Методология разработки способов синтеза гидрозолей диоксида марганца опиралась на традиционные представления коллоидной химии о закономерностях формирования частиц методом химической конденсации. Исследования основных коллоидно-химических свойств гидрозолей проводили с использованием как традиционного, так и современного оборудования, были использованы методы атомно-абсорбционной спектроскопии, турбидиметрии, фотон-корреляционной спектроскопии, рентгенофазового анализа, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии и т.д.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработаны 4 способа синтеза гидрозолей диоксида марганца, основанные на проведении реакции перманганата калия с различными восстановителями

(пероксид водорода, хлорид марганца, тиосульфат натрия, сульфит натрия), определены условия синтеза, позволяющие получать системы с максимальной агрегативной устойчивостью. Определено влияние условий синтеза на некоторые коллоидно-химические свойства золей, в частности, на остаточное содержание марганца в дисперсионной среде, величину рН дисперсионной среды, значения электрокинетического потенциала и порога быстрой коагуляции в присутствии некоторых электролитов.

2. Определены основные коллоидно-химические свойства гидрозолей, включая размер и форму частиц, состав дисперсионной среды, знак и величина электрокинетического потенциала, пороги быстрой коагуляции, установлены области рН, в которой гидрозолы сохраняют свою агрегативную устойчивость, на основе экспериментальных данных рассчитаны величины сложной константы Гамакера.

3. Нанесенные катализаторы, полученные с использованием синтезированных гидрозолей, проявляют каталитическую активность в реакции разложения красителя метиленового синего в присутствии пероксида водорода в разбавленных водных растворах.

Степень достоверности результатов. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств измерений и стандартных методик проведения исследований, а также методов статистической обработки данных.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы представлены на международных конференциях: Международная конференция, посвящённая 90-летию со дня рождения академика Б. А. Пурина / под ред. чл.-корр. РАН Е. В. Юртова «Экстракция и мембранные методы в разделении веществ» (Москва, 2018 г.), XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (Санкт-Петербург, 2019 г.); XV Международный конгресс молодых ученых по химии и химической технологии «УССТ-МКХТ» (Москва, 2019 г.), XXX Российская молодежная научная конференция с международным

участием, посвященная 100- летию уральского федерального университета «Проблемы теоретической и экспериментальной химии» (Екатеринбург, 2020 г.), VI Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия: достижения и перспективы». (Ростов-на-Дону-2021 г.), VI Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия: достижения и перспективы». (УФА - 2021 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 3 статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus. Результаты научного исследования подтверждены участием на научных мероприятиях всероссийского и международного уровня.

Личный вклад. Автором самостоятельно проведен анализ литературных данных по теме диссертации и определены основные задачи работы. Автор лично провел экспериментальные исследования по разработке способов синтеза, определению коллоидно-химических свойств гидрозолей, получению образцов нанесенных катализаторов и проведению каталитических испытаний. Автор провел систематизацию и анализ полученных результатов, разработал предложения и рекомендации по наиболее эффективному применению гидрозолей, с учетом их коллоидно-химических свойств. Автор участвовал в обсуждении и интерпретации результатов экспериментов, проведенных соавторами опубликованных работ, которые посвящены получению керамических мембран с каталитически активными слоями на основе диоксида марганца с использованием разработанных автором систем. Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка работ, опубликованных автором. Общий объем работы 370 страниц, включая 57 рисунков, 8 таблиц, библиографию из 121 наименования.

Публикации по теме диссертации:

1. Дони́на М.В., Яремчук М.С., Аунг Ко Зо, Бондарева Г.М., Яровая О.В. Синтез водных дисперсий наночастиц MnO₂ для получения каталитически активных мембран// Тезисы докладов международной конференции, посвященной 90-

летию со дня рождения академика Б.А. Пурина .РХТУ им. Д.И. Менделеева.2018.
С. 156.

2. Аунг Ко Зо, Дони́на М.В., Яровая О.В., Яремчук М.С., Ньян Линн Наинг. Получение агрегативно устойчивых водных дисперсий наночастиц диоксида марганца и исследование их агрегативной устойчивости. // Менделеевский съезд по общей и прикладной химии.-2019.Санкт Петербург.

3. Дони́на М.В., Яремчук М.С., Яровая О.В., Аунг Ко Зо, Ньян Линн Наинг. Синтез агрегативно устойчивых дисперсий диоксида марганца и их основные коллоидно-химические свойства. Успехи в химии и химической технологии. 2019. Т. 33. № 3 (213). С. 89-91.

4. Аунг Ко Зо, Дони́на М.В., Ньян Линн Наинг, Яремчук М.С., Яровая О.В. Синтез и некоторые свойства гидрозолей диоксида марганца, полученных с использованием тиосульфата натрия// XXX Российскую молодёжную научную конференцию с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии», посвященную 100-летию Уральского федерального университета. – 2020.С-27.

5. Аунг Ко Зо, Яровая О.В, Дони́на М.В, Ньян Линн Наинг. Синтез и некоторые коллоидно-химические свойства гидрозолей диоксида марганца с использованием пероксида водорода//VI Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия: достижения и перспективы». -2021. Ростов-на-Дону.С-478-480.

6. Аунг Ко Зо , Яровая О.В., Дони́на М.В., Ньян Линн Наинг. Влияние некоторых факторов на устойчивость гидрозолей MnO_2 // VI Международная научно-практическая конференция «Теория и практика процессов химической технологии», посвящена 100-летию профессора УГНТУ Б.К. Марушкина. С-293.

7. Аунг Ко Зо , Яровая О.В., Дони́на М.В., Ньян Линн Наинг. Получение гидрозоля диоксида марганца и исследование его коллоидных свойств// VI Международная научно-практическая конференция «Теория и практика процессов химической технологии», посвящена 100-летию профессора УГНТУ Б.К. Марушкина. С-292.

8. Nyan Htet Lin. Catalytically active membranes for decomposition of organic compounds in aqueous solutions / Nyan Htet Lin, Aung Ko Zo, O.V. Yarovaya, E.V. Abaeva and V.S. Boldyrev // IOP Conference Series.: Earth and Environment Science. – 2021. – Vol. 815 (012022). – P. 1-6. (*Scopus*) (вклад Аунг Ко Зо составляет 30%)
9. Nyan Htet Lin. Wastewater treatment from organic dye methylene blue on ceramic membranes with applied layers based on a mixture of manganese and cobalt oxides / Nyan Htet Lin, O.V. Yarovaya, Aung Ko Zaw // AIP Conference Proceeding.: Energy, Ecology and Technology in Agriculture. – 2022. – Vol. 2762 (020033). – pp. 1–8. (*Scopus, Web of Science*) (вклад Аунг Ко Зо составляет 30%)
10. Aung Ko Zaw. Synthesis and colloidal-chemical properties of manganese dioxide hydrosols synthesized in the presence of sodium thiosulfate / Aung Ko Zaw, O.V. Yarovaya, Nyan Htet Lin and M.V. Donina // E3S Web of Conferences.: International Scientific and Practical Conference “Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering. – 2023. – Vol. 376 (01080). – pp. 1–6. (*Scopus*) (вклад Аунг Ко Зо составляет 70%)

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности 1.4.10. Коллоидная химия п. 6. «Диспергирование и конденсация как методы получения дисперсных систем (золи, суспензии, порошки, пористые тела, эмульсии, пены, пленки).» и п. 20 «Роль коллоидно-химических свойств дисперсных систем в практике их применения».

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Аунг Ко Зо является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Аунг Ко

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Синтез и коллоидно-химические свойства гидрозолей диоксида марганца» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.10. Коллоидная химия.


Председатель заседания

Заведующий кафедрой коллоидной химии



В.В. Назаров

Секретарь заседания



И.А. Белова