

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра общей химии и методики преподавания химии**

**ДУТКО**

Надежда Вячеславовна

**СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЗОПОРИСТЫХ АДСОРБЕНТОВ**  
**ЯДРО-ОБОЛОЧКА С КОНТРОЛИРУЕМОЙ МОРФОЛОГИЕЙ**

Дипломная работа

Научные руководители:  
доцент кафедры общей химии и  
методики преподавания химии БГУ  
В.А. Красицкий

Зав. лабораторией адсорбентов и  
адсорбционных процессов ИОНХ  
НАН Беларуси, канд. хим. наук,  
доцент  
Т.Ф. Кузнецова

Допущена к защите

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Зав. кафедрой общей химии и методики  
преподавания химии, к. х. н., доцент  
В. Н. Хвалюк

Минск, 2022

## РЕФЕРАТ

Объем дипломной работы: 62 страницы, 16 рисунков, 6 таблиц, 35 источников литературы.

Ключевые слова: НАНОКОМПОЗИТЫ ТИПА ЯДРО-ОБОЛОЧКА, КРЕМНЕЗЕМ, МЕТОД НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АДсорбЦИИ-ДЕсорбЦИИ АЗОТА, ЖЕЛЕЗООКСИДНОЕ ЯДРО, МЕЗОПОРИСТАЯ КРЕМНИЕВООКСИДНАЯ ОБОЛОЧКА.

Объектом исследования являются ферромагнитные нанокomпозиты типа ядро-оболочка на основе мезопористого кремнезема, активная фаза которых сформирована железосодержащими наночастицами.

Цель работы – синтез новых адсорбентов на базе мезопористого кремнезема и наночастиц типа ядро-оболочка и изучение их физико-химических свойств.

В результате исследования осуществлен синтез мезопористых нанокomпозитов и установлены некоторые общие закономерности изменения их структуры, текстуры и адсорбционных параметров в зависимости от условий получения, выбора темплата и бисурфактных темплатных смесей. Синтезированы и охарактеризованы новые адсорбенты на основе наночастиц из твердого ферромагнитного железоксидного ядра и мезопористой кремниевооксидной оболочки, изолирующей его от внешней среды. Методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота определены удельная поверхность (300-400 м<sup>2</sup>/г), объем пор (0,6-0,8 см<sup>3</sup>/г), размер пор (5-10 нм) и бимодальное распределение пор полученных мезопористых материалов.

Сфера практических применений наночастиц ядро-оболочка, помимо катализа, включает биомедицину, электронику и химические сенсоры.

## РЭФЕРАТ

Аб'ём дыпломнай работы: 62 старонкі, 16 малюнкаў, 6 табліц, 35 крыніц літаратуры.

Ключавыя словы: НАНАКАМПАЗІТЫ ТЫПУ ЯДРО-АБАЛОНКА, КРЭМНЯЗЁМ, МЕТАД НІЗКАТЭМПЕРАТУРНАЙ АДСОРБЦЫІ-ДЭСОРБЦЫІ АЗОТА, ЖАЛЕЗААКСІДНАЕ ЯДРО, МЕЗАПОРЫСТАЯ КРЭМНІЕВААКСІДНАЯ АБАЛОНКА.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца феромагнітныя нанакампазіты тыпу ядро-абалонка на аснове мезапорыстага крэмнязёма, актыўная фаза якіх сфарміравана жалезазмяшчальнымі наначасціцамі.

Мэта працы – сінтэз новых адсарбентаў на аснове мезапорыстага крэмнязёма і наначасціц тыпу ядро – абалонка і вывучэнне іх фізіка-хімічных уласцівасцяў.

У выніку даследавання ажыццёўлены сінтэз мезапорыстых нанакампазітаў і ўстаноўлены некаторыя агульныя заканамернасці змены іх структуры, тэкстуры і адсарбцыйных параметраў у залежнасці ад умоў атрымання, выбару тэмплатна і бісурфактных тэмплатных сумесяў. Сінтэзаваны і ахарактарызаваны новыя адсарбенты на аснове наначасціц з цвёрдага феромагнітнага жалезааксіднага ядра і мезапорыстай крэмніевааксіднай абалонкі, ізаляванай яго ад навакольнага асяроддзя. Метадам нізкатэмпературнай адсорбцыі-дэсорбцыі азоту вызначаны ўдзельная паверхня ( $300-400 \text{ м}^2/\text{г}$ ), аб'ём пор ( $0,6-0,8 \text{ см}^3/\text{г}$ ), памер пор ( $5-10 \text{ нм}$ ) і размеркаванне пор атрыманых мезапорыстых матэрыялаў.

Сфера практычных ужыванняў наначасціц ядро-абалонка, апроч каталізу, уключае біямедыцыну, электроніку і хімічныя сэнсары.

## ABSTRACT

The volume of the thesis: 62 pages, 16 figures, 6 tables, 35 sources of literature.

Keywords: NANOCOMPOSITES OF THE CORE-SHELL TYPE, SILICA, LOW-TEMPERATURE ADSORPTION-NITROGEN DESORPTION METHOD, IRON OXIDE CORE, MESOPOROUS SILICON OXIDE SHELL.

The object of the study is ferromagnetic core-shell nanocomposites based on mesoporous silica, the active phase of which is formed by iron-containing nanoparticles.

The aim of the work is the synthesis of new adsorbents based on mesoporous silica and core-shell nanoparticles and the study of their physicochemical properties.

As a result of the study, the synthesis of mesoporous iron silicates was carried out and some general patterns of changes in their structure, texture and adsorption parameters were established depending on the conditions of production, the choice of template and bisurfactual template mixtures. New adsorbents based on nanoparticles from a solid ferrimagnetic iron oxide core and a mesoporous silicon oxide shell isolating it from the external environment have been synthesized and characterized. The specific surface area ( $300-400 \text{ m}^2/\text{g}$ ), pore volume ( $0.6-0.8 \text{ cm}^3/\text{g}$ ), pore size (5-10 nm) and bimodal pore distribution of the mesoporous materials obtained were determined by the method of low-temperature adsorption-desorption of nitrogen.

The scope of practical applications of core-shell nanoparticles, in addition to catalysis, includes biomedicine, electronics and chemical sensors.