

## Отзыв

официального оппонента на диссертацию Коцаревой Клары Викторовны «Синтез и морфология гибридных наносистем на основе графена и оксидов Ni, Co, Mo, W и Si», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 - Неорганическая химия

Диссертационная работа К.В.Коцаревой посвящена очень важному и бурно развивающемуся направлению – синтезу и изучению гибридных наносистем на основе графена и оксидов металлов. Графен - материал с уникальными физическими и электрофизическими свойствами, находится в центре внимания исследователей, которые рассматривают возможности его применения в нанoeлектронике, полимерных композиционных материалах, для хранения водорода, доставки лекарств, в катализе и т.д. Новый класс материалов на основе графена - **гибридных**, вызывают возрастающий интерес из-за их новых синергических свойств. К такому типу новых материалов можно отнести различные композиционные материалы на основе графена с наночастицами оксидов металлов на поверхности графена.

Таким образом, **актуальность** данной работы не вызывает сомнения.

Диссертация К.В.Коцаревой состоит из введения, 3 глав, выводов и списка цитируемой литературы (217 ссылок).

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость результатов. В **первой главе** диссертации (обзор литературы) представлен достаточно полный анализ публикаций, начиная с 1998г., по синтезу наночастиц оксидов Co, Ni, Mo, W и графеновых композитов на их основе, которые могут быть актуальными прекурсорами для создания новых материалов (анодов литиевых батарей, катализаторов, суперконденсаторов, сенсоров, солнечных батарей и т.д.). Основное внимание уделено процессам образования гибридных структур. **Во второй главе** работы описаны синтезы наночастиц оксидов Co, Ni, Mo, W золь-гель методом, выполненные автором. Метод отличается использованием низкомолекулярных органических стабилизаторов ГМТА, ДМОА, ТЭАГ. В качестве источников металлов были использованы неорганические соли металлов в деионизированной воде. Важной особенностью работы является нетривиальный и достаточно простой метод получения суспензии графена. Суспензия графена была получена ультразвуковой эксфолиацией синтетического графита с размером частиц 600-800 мкм в эмульсии ДМОА-вода, меняя продолжительность обработки и pH среды. А графеновые композиты были синтезированы путем сочетания золь-гель метода и ультразвуковой эксфолиацией синтетического графита, причем ДМОА использовали и



для фиксации графеновых листов в суспензии, и в качестве стабилизации золя. Важным достоинством работы К.В.Коцаревой является применение современных физико-химических методов характеризации продуктов синтеза наночастиц оксидов металлов и их гибридных структур на графене, набор которых можно считать необходимым и достаточным для наиболее полного понимания морфологии изученных наносистем.

**В третьей главе** диссертации проведено обсуждение полученных результатов синтеза и структурных особенностей полученных наночастиц оксидов Co, Ni, Mo, W, формирования бинарных композитов и гибридных наносистем. Автором предложены схемы формирования наночастиц оксидов металлов. Как показано в диссертации, процесс эксфолиации графита состоит из 3 стадий: набухание поверхностных слоев графита и их расслоение, образование дисперсии графеновых листов и стабилизация полученной суспензии. Все 3 полученные фракции графена подробно охарактеризованы. Далее предложена схема формирования графеновых листов в процессе эксфолиации. Обсуждается процесс получения гибридных наноструктур на основе оксидов металлов и кремния. Каждая из наноструктур подробно охарактеризована и предложена схема их образования за счет ван-дер-ваальсового взаимодействия. Химического взаимодействия между графеном и наночастицами металлов обнаружено не было.

Возможности практического применения полученных композитов были использованы для синтеза каталитических систем. Как показала автор работы, была синтезирована серия Ni-Mo- и Co-Mo- оксидных катализаторов, тестирование которых в синтезе спиртов из CO и H<sub>2</sub> показало селективность 50-85% по спиртам C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> в интервале температур 280-360<sup>0</sup>С. Полученные данные являются доказательством **практической значимости** данной работы. Работа содержит большое количество экспериментального материала, что свидетельствует о значительном объеме исследовательской работы, выполненным автором. На основании анализа экспериментальных данных и сделанных на их основе выводов следует, что рассмотренные в диссертации научные положения являются **новыми** и имеют важное значение для разработки методов получения наночастиц оксидов металлов и гибридных соединений графена.

Работа К.В. Коцаревой прошла обстоятельную **апробацию** в различных научных сообществах. Ее основные результаты докладывались на международных конгрессах и конференциях и многих российских и в 2012-2016 гг. По результатам работы опубликованы 38 научных публикаций, 3 из которых - статьи в журналах из списка ВАК, 4 - в международных и сериальных изданиях.

Однако к представленной работе имеются некоторые замечания:



1. В работе используются термины ультрадисперсные и наноразмерные порошки, наночастицы, нанокристаллиты, наноструктурированные системы. Терминологически было бы более правильно употреблять один из терминов.
2. Диссертация прекрасно иллюстрирована, содержит большое количество цветных рисунков и схем. Однако ряд схем оформлены по-английски.
3. Представляется странным полное отсутствие кислорода, даже в составе воды, на поверхности слоев графена, полученного по методу эксфолиации.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы К.В.Коцаревой, представляющее собой законченное научное исследование. Сделанные выводы основаны на результатах многочисленных экспериментов и подтверждены применением современных физико-химических методов исследования. Научные публикации по теме работы достаточно полно отражают ее основные научные результаты. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Таким образом, диссертационная работа К.В.Коцаревой, по своей актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям, установленным в п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Правительством Российской Федерации от 24.09.2013 №842. Основное направление данной работы - синтез и морфология гибридных наносистем на основе графена и оксидов Ni, Co, Mo, W и Si, соответствует специальности 02.00.01 – Неорганическая химия. Результаты работы представляют интерес для специалистов в области нанохимии, оксидных материалов, химии графена, а развиваемые автором подходы - для создания методов синтеза других многокомпонентных гибридных наноматериалов на основе графена.

Автор представленной диссертации Клара Викторовна Коцарева, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 – Неорганическая химия.

Доктор химических наук

Буслаева Елена Юрьевна

25.12.2017

ведущий научный сотрудник  
Института общей и неорганической химии  
им. Н.С.Курнакова

Подпись руки тов.  
УДОСТОВЕРЯЮ

Зав. канцелярией ИОНХ РАН

