

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.051.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института неорганической химии имени А.В. Николаева
Сибирского отделения Российской академии наук, МИНОБРНАУКИ России
ПО ДИССЕРТАЦИИ **Столяровой Светланы Геннадьевны**
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11 декабря 2019 года № 22

О присуждении *Столяровой Светлане Геннадьевне*, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «*Синтез гибридных материалов из MoS₂ и многослойного перфорированного графена методом горячего прессования для отрицательных электродов литий-ионных аккумуляторов*» в виде рукописи по специальности 02.00.04 – физическая химия (химические науки) принята к защите *25 сентября 2019 г., протокол № 15* диссертационным советом Д 003.051.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (**ИНХ СО РАН**), (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д. 3, действующего на основании приказа Минобрнауки РФ от 11.04.2012 № 105/нк).

Соискатель Столярова Светлана Геннадьевна, 1993 года рождения, в 2015 году окончила ФГБОУ ВПО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по специальности – химия. В период с 2015 по 2019 обучалась в очной аспирантуре **ИНХ СО РАН**. На момент защиты диссертации работает младшим научным сотрудником в лаборатории физикохимии наноматериалов **ИНХ СО РАН**.

Диссертация выполнена в лаборатории физикохимии наноматериалов в **ИНХ СО РАН**.

Научный руководитель – доктор химических наук Булушева Любовь Геннадьевна работает в лаборатории физикохимии наноматериалов **ИНХ СО РАН** в должности главного научного сотрудника.

Официальные оппоненты:

– *Уваров Николай Фавстович*, гражданин России, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией нестехиометрических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химии твердого тела и механохимии **СО РАН**, г. Новосибирск;

– *Михлин Юрий Леонидович*, гражданин России, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории гидromеталлургических процессов Федерального государственного бюджетного научного учреждения Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук –

обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск; дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (**ФИЦ ХФ РАН**), г. Москва, в своем **положительном заключении**, утвержденном заместителем директора по научной работе д.ф.-м.н. Чертовичем А.В. указала, что: «Работа... соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе п. №9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., №842 и другим требованиям ВАК РФ. Автор работы, Столярова Светлана Геннадьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Доклад диссертационной работы заслушан на семинаре ФИЦ ХФ РАН, состоявшемся 18 октября 2019 года, отзыв на диссертацию обсужден и одобрен».

По теме диссертации соискатель имеет 6 работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах, из них 1 – в российском рецензируемом журнале, рекомендованном ВАК РФ, и 5 – в зарубежных рецензируемых журналах; все публикации входят в перечень журналов, индексируемых в международной информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science и 12 тезисов докладов опубликовано в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов. Общий объем опубликованных работ составляет 121 стр. (7.56 усл. печ. л.).

Научные статьи по теме диссертации:

1. **Stolyarova S.G., Koroteev V.O., Shubin Yu.V., Plyusnin P.E., Makarova A.A., Okotrub A.V., Bulusheva L.G. Pressure-assisted interface engineering in MoS₂/holey graphene hybrids for improved performance in Li-ion batteries // Energy Technology. – 2019. – V. 7. – P. 1900659.**
2. **Bulusheva L.G., Koroteev V.O., Stolyarova S.G., Chuvilin A.L., Plyusnin P.E., Shubin Y.V., Vilkov O.Y., Chen X., Song H., Okotrub A.V. Effect of in-plane size of MoS₂ nanoparticles grown over multilayer graphene on the electrochemical performance of anodes in Li-ion batteries // Electrochim. Acta. – 2018. – V. 283. – P. 45-53.**
3. **Stolyarova S.G., Okotrub A.V., Shubin Y.V., Asanov I.P., Galitsky A.A., Bulusheva L.G. Effect of hot pressing on the electrochemical performance of multilayer holey graphene materials in Li-ion batteries. // Phys. Status Solidi B. – 2018. – V. 255. – P. 1800202.**

На диссертацию и автореферат диссертации поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные, 6 – с замечаниями и 2 – без замечаний. Отзывы поступили от: *д.ф.-м.н. Федорова А. С.*, ведущего научного сотрудника ФГБУН Института физики им. Л. В. Киренского СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (г. Красноярск); *к.х.н. Казаковой М.А.*, научного сотрудника ФГБУН «Федерального исследовательского центра» Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН (г. Новосибирск); *д.ф.-м.н. Шандакова С.Д.*, профессора кафедры общей и экспери-

ментальной физики ФГБОУ УВО «Кемеровский государственный университет» (г. Кемерово); *к.х.н. Шульги Ю.М.*, ведущего научного сотрудника ФГБУН Института проблем химической физики РАН (г. Черноголовка); *к.х.н. Красникова Д.В.* научного сотрудника лаборатории наноматериалов Центра фотоники и квантовых материалов Сколковского института науки и технологий (г. Москва); *д.х.н. Елишиной Л.А.*, заведующей лабораторией химических источников тока Института высокотемпературной электрохимии УРО РАН (г. Екатеринбург); *д.ф.-м.н., профессора Максименко С.А.*, директора НИУ Института ядерных проблем БГУ и *к.ф.-м.н., Кужир П.П.*, заведующего лабораторией наноэлектромагнетизма НИУ Института ядерных проблем БГУ (Республика Беларусь, г. Минск); *д.х.н., Назмутдинова Р.Р.* профессора кафедры неорганической химии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский Технологический Университет» (г. Казань).

Большинство замечаний к автореферату носят уточняющий характер по вопросам влияния взаимодействий компонентов гибридов при интеркаляции/де-интеркаляции лития и механизмов влияния проводящей добавки на электрохимические свойства материала, выражена заинтересованность в результатах дальнейших исследований. Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа С.Г. Столяровой **полностью соответствует** требованиям, которые ВАК РФ предъявляет к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в области синтеза и исследования углеродных материалов и сульфидов переходных металлов. Важен и значим вклад ведущей организации в области синтеза и исследования материалов для химических источников тока. Данные компетенции подтверждаются наличием публикаций оппонентов и сотрудников ведущей организации в данной области исследований.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- *установлено*, что обработка оксида графита горячей концентрированной H_2SO_4 приводит к удалению кислородных групп с базальных графеновых плоскостей и образованию вакансионных дефектов размером ~ 2 нм. Продукт синтеза классифицирован как многослойный перфорированный графен (ПГ);

- *установлено*, что при приложении давления во время синтеза гибридов $MoS_2/ПГ$ формируется меньшее число слоев MoS_2 по сравнению с синтезом без давления;

- *определены* оптимальные значения соотношения компонент (MoS_2 : ПГ 1:3 по массе), температуры ($600^\circ C$) и давления (100 бар) для синтеза методом горячего прессования электродного материала $MoS_2/ПГ$ с удельной емкостью 595 и $410 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{g}^{-1}$ при плотностях тока 0.1 и $1 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$;

- *показано*, что для эффективной работы в литий-ионном аккумуляторе гибридного материала $MoS_2/ПГ$ с частично аморфным MoS_2 необходимо использовать электропроводящую добавку.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- *установлено* влияние состава и температуры на строение (размер поливакансионных образований и состав кислородсодержащих групп) продукта обработки оксида графита в горячей концентрированной серной кислоте – многослойного перфорированного графена;

- *показано*, что диффузия лития через нанометровые вакансионные образования в графеновых плоскостях перфорированного графита сохраняется после процесса горячего прессования при температуре не выше 600°C и давлении не больше 100 бар;

- *обнаружено*, что увеличение давления паров серы за счет диссоциации MoS_3 при его термоллизе приводит к формированию тонких протяженных чешуек MoS_2 на поверхности графена;

- *установлено* образование связей Mo-C между компонентами гибрида $\text{MoS}_2/\text{ПП}$;

- *определены* потенциалы интеркаляции ионов лития в интерфейс $\text{MoS}_2/\text{ПП}$.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- *предложены* методики обработки многослойного перфорированного графена отжигом или методом горячего прессования, позволяющие уменьшить необратимую емкость электрода и увеличить диффузию ионов лития;

- *предложен* новый метод синтеза гибридных материалов $\text{MoS}_2/\text{ПП}$ методом горячего прессования смеси $\text{MoS}_3/\text{ПП}$ с минимальной температурой кристаллизации MoS_2 400°C и давлении 100 бар;

- *разработан* электродный материал $\text{MoS}_2/\text{ПП}$ с удельной емкостью 900 и 580 мАч г^{-1} при плотностях тока 0.1 и 1 А г^{-1} со стабильностью работы до 1000 циклов, что демонстрирует возможность применения такого материала в качестве анода в литий-ионном аккумуляторе;

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

Достоверность результатов исследований основывается на согласованности экспериментальных данных, полученных различными методами. В работе использовался комплекс современных физико-химических методов: *растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, термogravиметрический анализ, инфракрасная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния света, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, NEXAFS, спектроскопия электрохимического импеданса;*

- *проведена* апробация работы на 12 научных конференциях различного уровня, включая специализированные международные; результаты работы опубликованы в профильных научных журналах.

Личный вклад соискателя состоит в том, что: синтез всех материалов, измерение и анализ спектров электрохимического импеданса, сборка и тестирование литий-ионных аккумуляторов, а также обработка данных, полученных при исследовании строения и состава материалов, выполнены непосредственно автором диссертации. Совместно с научным руководителем соискатель участвовал в постанов-

ке цели и задач исследования. Разработка методик синтеза, анализ экспериментальных данных и подготовка к публикации работ по теме диссертации осуществлялись соискателем совместно с научным руководителем и соавторами работ.

Диссертационный совет Д 003.051.01 на базе ИНХ СО РАН на заседании *11 декабря 2019 г., протокол № 22*, пришел к выводу о том, что диссертация соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», т.е. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена задача получения эффективных анодных материалов MoS₂/перфорированный графен для литий-ионных аккумуляторов, что имеет значимость для разработки новых анодных материалов с заданными свойствами; принято решение присудить *Столяровой Светлане Геннадьевне* ученую степень кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 26 (двадцати шести) человек, из них 12 (двенадцать) докторов наук по специальности 02.00.04 – физическая химия, участвовавших в заседании и голосовании, из 33 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 26 (двадцать шесть), против присуждения учёной степени – 0 (нет), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель диссертационного совета
чл.-к. РАН, д.х.н.

Федин Владимир Петрович

Ученый секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Надолинный Владимир Акимович

11.12.2019 г.

