

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.150.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ И ГОРЕНИЯ
ИМ. В. В. ВОЕВОДСКОГО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.12.2021, № 11

О присуждении Рубцову Ивану Андреевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация *«Исследование динамики размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации энергетических материалов методом малоуглового рентгеновского рассеяния»* в виде рукописи по специальности 1.3.17 – «химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» принята к защите 13 октября 2021 г., протокол № 9, диссертационным советом 24.1.150.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СО РАН), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, д. 3, приказ о создании диссертационного совета № 1511/нк-от 25.11.2016 года.

Соискатель, *Рубцов Иван Андреевич*, 1993 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности ведущего инженера и младшего научного сотрудника Центра коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» (ЦКП «СКИФ»). Соискатель обучается на 4 курсе аспирантуры Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН). С 2014 года И.А. Рубцов

работает в ИГиЛ СО РАН, в настоящий момент в должности младшего научного сотрудника (по совместительству).

Диссертация выполнена в лаборатории физики взрыва ИГиЛ СО РАН. *Научный руководитель* – кандидат физико-математических наук, **Тен Константин Алексеевич**, ведущий научный сотрудник лаборатории физики взрыва ИГиЛ СО РАН.

Официальные оппоненты: **Вуль Александр Яковлевич**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики кластерных структур, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе); **Петров Евгений Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, декан инженерного спецфакультета, Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ) - дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина (РФЯЦ – ВНИИТФ), в своём **положительном заключении**, подписанном кандидатом технических наук, начальником научно-исследовательского отдела №45, научно-исследовательского отделения №4 **Кучко Дмитрием Петровичем**, кандидатом технических наук заместителем главного конструктора РФЯЦ-ВНИИТФ – начальником научно-исследовательского отделения №4 **Гармашевым Александром Юрьевичем**, кандидатом технических наук заместителем начальника научно-исследовательского отделения №4 **Смирновым Евгением Борисовичем**, утверждённом директором, кандидатом экономических наук **Железновым Михаилом Евгеньевичем**, указала, что данная диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённом Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а её автор, Рубцов И.А., заслуживает присвоения ему

искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – «химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Соискатель имеет 27 научных работ (из них 6 по теме диссертации), опубликованных в отечественных и международных рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК. Пять работ опубликованы в трудах международных конференций и симпозиумов (из них 1 по теме диссертации). Личный вклад соискателя в опубликованные работы составляет примерно 80%.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Rubtsov I.A.**; Ten K.A.; Prueel E.R.; Kashkarov A.O.; Tolochko B.P.; Shechtman L.I.; Zhulanov V.V. Synchrotron radiation method for study the dynamics of nanoparticle sizes in trinitrotoluene during detonation // *Physics Procedia* – 2016. V. 84. – P. 374–381.
2. **Rubtsov I.A.**; Ten K.A.; Prueel E.R.; Kashkarov A.O. The growth of carbon nanoparticles during the detonation of tinitrotoluene // *Journal of Physics: Conference Series* – 2016. V. 754. – P. 052004.
3. **Rubtsov I.A.**; Ten K.A.; Prueel E.R.; Kashkarov A.O.; Kremenko S.I.; Voronin M.S.; Shekhtman L.I.; Zhulanov V.V. Methods to restore the dynamics of carbon condensation during the detonation of high explosives // *Journal of Physics: Conference Series* – 2019. V. 1147. – P. 012038.
4. Satonkina N.P.; Ershov A.P.; Kashkarov A.O.; **Rubtsov I.A.** Elongated conductive structures in detonation soot of high explosives // *RSC Advances* – 2020. V. 10. – P. 17620–17626.
5. **Rubtsov I.A.**; Ten K.A.; Prueel E.R.; Kashkarov A.O.; Zubavichus Ya.V.; Peters G.S.; Veligzhanin A.A. Restoring size of detonation nanodiamonds from small-angle X-Ray scattering of polychromatic synchrotron radiation beam // *Journal of Physics: Conference Series* – 2021. V. 1787, N 1. – P. 012029.
6. **Рубцов И.А.**; Тен К.А.; Прууэл Э.Р.; Титов В.М.; Кашкаров А.О. Измерение малоуглового рентгеновского рассеяния от наночастиц углерода при детонации энергетических материалов // *Боеприпасы XXI век* – 2017. № 1. – С. 221–223.
7. **Rubtsov I.A.**; Ten K.A.; Titov V.M.; Prueel E.R.; Kashkarov A.O.; Kremenko S.I.; Tolochko B.P. Carbon condensation during detonation of high explosives of various diameters // *Proceedings Sixteenth International Detonation Symposium. Publication N ONR-43-5762-19* – 2019. – P. 735–739.

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов. Все отзывы положительные, шесть содержат замечания. Отзывы поступили от:

акционерного общества «Государственный научно-исследовательский институт машиностроения им. В.В. Бахирева» (АО «ГосНИИмаш»);

доктора физико-математических наук **Долгобородова Александра Юрьевича**, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур (ОИВТ РАН);

доктора технических наук **Грязнова Евгения Федоровича**, заведующего отделом СМ2-1 НИИСМ, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н. Э. Баумана);

доктора технических наук **Козырева Николая Владимировича**, заведующего лабораторией №4 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН);

доктора технических наук **Михайлова Анатолия Леонидовича**, заместителя научного руководителя Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (РФЯЦ–ВНИИЭФ) по газодинамическим исследованиям – советника при дирекции РФЯЦ–ВНИИЭФ;

Титовой Виктории Борисовны, начальника лаборатории 6408-01 отделения 64 РФЯЦ – ВНИИЭФ;

кандидата химических наук **Шарафутдинова Марата Рашидовича**, старшего научного сотрудника лаборатории методов синхротронного излучения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН);

кандидата физико-математических наук **Шилкина Николая Сергеевича**, старшего научного сотрудника лаборатории электромагнитных процессов в ударно-сжатых средах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химической физики РАН (ИПХФ РАН).

Замечания по тексту диссертации и автореферату касаются: 1) проведения исследований на полихроматическом пучке синхротронного излучения (РФЯЦ-ВНИИТФ); 2) отсутствия прямых экспериментальных доказательств модели структуры кластера (рис. 48) (д.ф.-м.н. Вуль А.Я.); 3) неполного описания ограничений метода при анализе слабого сигнала рентгеновского рассеяния от частиц алмаза малого размера (д.т.н. Петров Е.А.); 4) отсутствия в автореферате минимального и максимального возможного для регистрации размера (д.ф.-м.н. Михайлов А.Л.); 5) отсутствия явного сравнения размеров частиц и кластеров, полученных в динамике и в сохраненных продуктах взрыва, в том числе с работами других исследователей (д.т.н. Петров Е.А., д.т.н. Грязнов Е.Ф.); 6) отсутствия явного сравнения предложенной модели (механизма) конденсации углерода с моделью из ссылки [93] в списке литературы (д.ф.-м.н. Вуль А.Я.); 7) формулировки научных положений, в том числе отсутствия конкретного указания времени конденсации углерода (д.т.н. Михайлов А.Л.); 8) пояснения, какие параметры детонационного процесса являются определяющими при росте частиц и кластеров углерода (РФЯЦ-ВНИИТФ); 9) отсутствия в выводах подтверждения (опровержения) факта увеличения размеров при очистке алмазных частиц, описанного в актуальности (д.ф.-м.н. Вуль А.Я.); 10) отсутствия обсуждения кинетики образования алмазов (д.т.н. Петров Е.А.); 11) отсутствия объяснения снижения размера кластеров с увеличением диаметра (д.т.н. Петров Е.А., АО «ГосНИИмаш»); 12) отсутствия информации об условии проведения экспериментов (плотностей зарядов) в автореферате (д.т.н. Петров Е.А., Титова В.Б.); 13) отсутствия определения зоны химической реакции (д.ф.-м.н. Долгобородов А.Ю.); 14) отсутствия в автореферате экспериментальных данных рассеяния для тротила и энергетического материала на основе ТАТБ (Титова В.Б.); 15) наличия опечаток, грамматических и стилистических ошибок, неточностей в указании ссылок на источники (РФЯЦ-ВНИИТФ, д.ф.-м.н. Вуль А.Я., д.т.н. Петров Е.А., д.т.н. Михайлов А.Л., д.ф.-м.н. Долгобородов А.Ю., д.т.н. Козырев Н.В.).

Во всех отзывах отдельно отмечается, что указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы. Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа Рубцова И.А. **полностью соответствует** требованиям, которые ВАК предъявляет к кандидатским диссертациям, а её автор – Рубцов И.А. – заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов и сотрудников ведущей организации в области физики взрыва, а также процессов конденсации углерода при детонации энергетических материалов, что подтверждается наличием у них публикаций ряда научных работ в данной области исследований, в том числе соответствующих тематике диссертационного исследования соискателя и опубликованных в ведущих российских и международных журналах и изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Впервые получены экспериментальные данные по временным параметрам процесса конденсации углерода при детонации зарядов энергетических материалов диаметром до 40 мм.

Показано, что время формирования конденсированной фазы углерода (изменения угловых распределений МУРР) значительно превышает длительность зоны основного энерговыделения и составляет 4-6 микросекунд.

Показано, что по данным МУРР, полученным, на полихроматическом излучении с экспозицией в ≈ 100 пикосекунд можно восстанавливать размер рассеивающих неоднородностей; разработаны соответствующие численные методы обработки экспериментальных данных.

Подтвержден двухстадийный механизм формирования конденсированного углерода, который заключается в том, что при детонации энергетических материалов сначала формируются частицы конденсированного углерода, которые затем объединяются в конгломераты (кластеры).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Полученные в рамках данной диссертационной работы данные позволяют строить и тестировать модели конденсации углерода и уравнения состояния продуктов детонации, учитывающие детальный химический состав газовых и конденсированных компонент.

Разработанные модели обработки экспериментальных данных позволяют учитывать немонохроматичность излучения при интерпретации сигнала МУРР, что позволяет их применять при обработке сходных экспериментальных данных.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в том, что результаты работы используются для совершенствования кинетики реакции при детонации энергетических материалов, применительно к расчетам изделий РФЯЦ-ВНИИТФ и РФЯЦ-ВНИИЭФ. Полученные соискателем экспериментальные данные позволили дать ряд практических рекомендаций по синтезу наноалмазов для АО «ГосНИИмаш».

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что: *сделанные выводы и полученные научные результаты* основаны на применении современных экспериментальных методов и теоретических подходов; *проведены* тщательные экспериментальные измерения и полученные результаты согласуются с известной совокупностью экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в проведении математических расчетов реального спектра излучения и МУРР, подготовке экспериментальныхборок, настройке станции перед экспериментом, проведении взрывных экспериментов совместно с соавторами, разработке и реализации в виде программного кода модели восстановления структуры рассеивающих центров, интерпретации экспериментальных данных и подготовке публикаций. Подготовка публикаций по теме диссертации осуществлялась совместно с соавторами работ и научным руководителем.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное исследование с актуальными задачами и содержательными, фундаментальными и практически важными результатами. Материалы диссертации

соответствуют требованиям специальности 1.3.17 (п.1 «экспериментальные методы исследования химической структуры и динамики химических превращений», п.7 «связь химической и физической природы веществ и систем с их термодинамическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения», и п. 8 «взаимодействие волн горения и взрывчатого превращения со средой, объектами и веществами; явления, порождаемые горением и взрывчатым превращением»). Соискатель Рубцов И.А. успешно ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы из зала, на замечания оппонентов, ведущей организации и в отзывах на автореферат. Соискатель согласился со всеми техническим замечаниями и пожеланиями, по научным вопросам были даны аргументированные и четкие ответы.

На заседании 15 декабря 2021 г. диссертационный совет постановил: за решение научной задачи, связанной с определением кинетики образования наночастиц конденсированного углерода при детонации энергетических материалов, присудить *Рубцову Ивану Андреевичу* учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 13 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании и голосовании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 19, против присуждения учёной степени - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Председатель диссертационного совета,

д-р хим. наук, доцент



Онищук Андрей Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,

канд. хим. наук



Поздняков Иван Павлович

«16» декабря 2021 г.

