

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 ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 08.11.2023, № 29

О присуждении Анисичкину Владимиру Федоровичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация **«Механизм детонационного и ударно-волнового разложения органических веществ с образованием наноалмаза»** в виде рукописи по специальности 1.3.17 – «химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» принята к защите 12.07.2023 г., протокол № 20, 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, **Анисичкин Владимир Федорович**, 1947 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИГиЛ СО РАН).

Диссертация выполнена в лаборатории физики взрыва ИГиЛ СО РАН.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник **Долгобородов Александр Юрьевич**, заведующий лабораторией ударно-

волновых воздействий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), г. Москва.

доктор физико-математических наук, профессор **Киселев Сергей Петрович** ведущий научный сотрудник Лаборатории 6 "Физика многофазных сред", Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ИТПМ СО РАН), г. Новосибирск.

доктор физико-математических наук, **Сможев Дмитрий Владимирович** старший научный сотрудник лаборатории синтеза новых материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), г. Новосибирск - дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), г. Бийск, в своём **положительном заключении**, подписанном доктором технических наук, заведующим лабораторией физико-химических основ создания энергетических конденсированных систем Козыревым Николаем Владимировичем, утвержденном директором ИПХЭТ СО РАН доктором химических наук членом-корреспондентом РАН Сысолятиным С.В., указала, что данная диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. II Положения «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённом Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а её автор, Анисичкин В.Ф., заслуживает присвоения ему искомой учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 – «химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Соискатель имеет 27 научных работ по теме диссертации, опубликованных в отечественных и международных рецензируемых научных изданиях, в том числе 19 входящих в список ВАК. Личный вклад соискателя в опубликованные работы составляет примерно 90%.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Анисичкин В. Ф.** О фазовых превращениях и химических реакциях в ударных волнах // Физика горения и взрыва. - 1980. - Т. 16. - №2. - С. 140-143.

2. **Анисичкин В. Ф.** К расчёту ударных адиабат химических соединений // Физика горения и взрыва. - 1980. - Т. 16. - №5. - С. 151-153.

3. **Анисичкин В. Ф.** Аномальная ударная сжимаемость и теплоемкость алмаза // Физика горения и взрыва. - 1984. - Т. 20. - №1. - С. 77-79.

4. **Анисичкин В. Ф., Мальков И. Ю., Титов В. М.** Синтез алмаза при динамическом нагружении органических веществ // Доклады АН СССР. - 1988. - Т. 303. - №3. - С. 625-627.

5. **Анисичкин В. Ф., Дерендяев Б. Г., Коптюг В. А., Мальков И. Ю., Салахутдинов И. Ф., Титов В. М.** Исследование процесса разложения в детонационной волне изотопным методом // Физика горения и взрыва. - 1988. - Т. 24. - №3. - С. 121-122.

6. **Анисичкин В. Ф., Мальков И. Ю.** Термодинамическая устойчивость алмазной фазы // Физика горения и взрыва. - 1988. - Т. 24. - №5. - С. 135-137.

7. **Титов В. М., Анисичкин В. Ф., Мальков И. Ю.** Исследование процесса синтеза ультрадисперсного алмаза в детонационных волнах // Физика горения и взрыва. - 1989. - Т. 25. - №3. - С. 117-126.

8. **Анисичкин В. Ф., Дерендяев Б. Г., Мальков И. Ю., Салахутдинов И. Ф., Титов В. М.** Исследование процесса детонации конденсированных ВВ изотопным методом // Доклады АН СССР. - 1990. - Т. 314. - №4. - С. 879-881.

9. **Анисичкин В. Ф.** Об особенностях ударно-волнового разложения и синтеза алмаза из ароматических соединений // 5 Всесоюзное совещание по детонации. Сб. докладов. Красноярск. - 1991. - Т. 1. - С. 20-26.
10. **Анисичкин В. Ф.** Явление резонансной твёрдофазной коалесценции малых частиц алмаза в продуктах взрыва // Химическая физика. - 1993. - Т. 12. - №5. - С. 605-608.
11. **Анисичкин В. Ф.** О механизме выделения углерода при детонационном разложении веществ // Физика горения и взрыва. - 1994. - Т. 30. - №5. - С. 100-106.
12. **Казакова И. В., Анисичкин В. Ф., Гадияк Г. В.** Моделирование столкновения двумерных кластеров // Химическая физика. - 1994. - Т. 13. - № 3. - С. 68-71.
13. **Анисичкин В. Ф., Долгушин Д. С., Петров Е. А.** // Влияние температуры на процесс роста ультрадисперсных алмазов во фронте детонационной волны // Физика горения и взрыва. - 1995. - Т. 31. - № 1. - С. 109-112.
14. **Анисичкин В. Ф., Долгушин Д. С., Комаров В. Ф.** // Ударно-волновое компактирование ультрадисперсных алмазов // Физика горения и взрыва. - 1999. - Т. 35. - № 3. - С. 143-145.
15. **Анисичкин В. Ф., Долгушин Д. С., Петров Е. А.** // Ударно-волновой синтез фуллеренов из графита // Физика горения и взрыва. - 1999. - Т. 35. - № 4. - С. 98-99.
16. **Анисичкин В. Ф.** Результаты исследования механизма детонации тротила, гексогена и октогена методом изотопных индикаторов // Физика горения и взрыва. - 2007. - Т. 43. - № 5. - С. 96-103.
17. **Анисичкин В. Ф.** О результатах исследований методом изотопных индикаторов механизма детонации смеси тротила и гексогена // Химическая физика. - 2011. - Т. 30. - № 4. - С. 68-71.

18. *Анисичкин В. Ф.* Молекулярный механизм детонации органических взрывчатых веществ // Горение и плазмохимия. - 2012. - Т. 10. - С. 21-35.

19. *Анисичкин В. Ф.* О механизме детонации органических взрывчатых веществ // Химическая физика. - 2016. - Т. 35. - № 6. - С. 30-34.

20. *Анисичкин В. Ф.* Уравнение состояния для расчета температуры материалов при обработке взрывом // Инженерно-физический журнал. - 2017. - Т. 90. - № 4. - С. 1025-1035.

21. *Anisichkin V. F., Satonkina N. P., Kashkarov A. O.* Detonation mechanism of organic high explosives and production of nanocarbon / Sixteenth International Detonation Symposium. Cambridge, Maryland. - 2018. - P. 769-775.

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

- ▶ доктора химических наук **Верещагина Александра Леонидовича**, профессора кафедры химической технологии энергонасыщенных материалов и изделий Бийского технологического института (филиала) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

В отзыве есть замечание и вопросы.

Замечание по автореферату: *«В названии работы используется слово наноалмаз в единственном числе, на мой взгляд, лучше использовать во множественном»*. Вопросы: (1) *«Какие максимальные размеры частиц наноалмазов могут образовываться в процессе детонации?»* (2) *«Какова роль атомов железа из стенок взрывной камеры в механизме образования детонационных наноалмазов?»*;

- ▶ доктора физико-математических наук, профессора **Вуля Александра Яковлевича**, главного научного сотрудника лаборатории физики кластерных структур отделения твердотельной электроники

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико–технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург.

В Отзыве есть замечания и вопросы.

Замечания по автореферату: (1) «...автор игнорирует тот факт, что через микросекунды после детонации величины давления и температуры снижаются в область термодинамической стабильности графита...»; (2) «...заключение о том, что не существуют алмазные наночастицы детонационного синтеза с размером менее 2.5 нм...следует воспринимать критически.»; (3) «Нельзя признать корректным использование при расчетах «усредненного» значения постоянной решетки...». Вопрос: «...Какой физический смысл придает автор понятию «локальной по площади атома»?»;

- доктора технических наук **Долматова Валерия Юрьевича**, начальника научно-исследовательской лаборатории Федерального государственного унитарного предприятия «Специальное конструкторско-технологическое бюро «ТЕХНОЛОГ».

Есть замечания по техническому и смысловому оформлению автореферата;

- доктора физико-математических наук **Лямкина Алексея Ивановича**, профессора, заведующего кафедрой «Физика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Замечания по автореферату: (1) нет расшифровки аббревиатуры ЭМ, (2) есть опечатки и ошибка в инициалах Старостиной А.С.;

- кандидата технических наук заместителя генерального директора по науке **Никитина Р.Г.** и доктора технических наук профессора **Петрова**

Е.А. Акционерное общество «Федеральный научно-производственный центр «Алтай».

Имеется замечание по используемым терминам и вопрос по механизму образования неалмазных форм углерода;

- ▶ доктора физико-математических наук **Пая Владимира Васильевича**, ведущего научного сотрудника лаборатории динамических воздействий ИГиЛ СО РАН.

Замечание по автореферату: «...иногда встречающиеся опечатки и некоторый «разнобой» в обозначениях величин.»;

- ▶ доктора технических наук **Смирнова Александра Сергеевича**, помощника заместителя генерального директора Акционерного общества «Государственный научно-исследовательский институт машиностроения имени В.В. Бахирева».

Замечания по автореферату: (1) «Предложенная автором модель не затрагивает образование оксидов углерода и воды...»; (2) «Автор не рассматривает трансформации углерода в волне разгрузки...»;

- ▶ доктора физико-математических наук **Штерцера Александра Александровича**, доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории синтеза композиционных материалов ИГиЛ СО РАН.

«...замечание, которое, скорее, является пожеланием. Указано, что частицы из разных компонентов заряда...имеют разный размер. Хотелось бы получить объяснение этому экспериментальному факту.».

В положительном отзыве от **Ведущей организации** имеются следующие замечания: (1) «Возможно, следовало бы обсудить альтернативные механизмы детонационного превращения и сравнить их с предложенным механизмом.» (2) «...не затрагиваются вопросы, связанные с процессами

сохранения и трансформации алмазного и не алмазного углерода во взрывной камере...».

В положительных отзывах оппонентов имеются следующие замечания и пожелания:

Долгобородов А.Ю. Замечания: (1) *«...вывод сделан на основе анализа данных по образованию алмаза в продуктах взрыва тротила и его смесей с гексогеном и октогеном, однако для взрывчатых веществ с низким содержанием водорода или безводородных ВВ образование метана невозможно.»* (2) отмечено некоторое количество орфографических ошибок и опечаток, повторов.

Киселев С.П. Замечания: (1) *«Зависимость внешней силы от времени представляется в виде размазанной ступенчатой функции ... хорошей аппроксимацией внешней силы на фронте ударной волны была бы колоколообразная зависимость силы от времени»;* (2) *«Дисперсионная зависимость на рис. 5.12 соответствует случаю, когда в элементарной ячейке содержатся два атома различной массы. В случае алмаза в элементарной ячейке находятся два одинаковых атома...»* (3) *«Реально в наночастице будут распространяться криволинейные трехмерные волны, в которых происходят не только поперечные, но и продольные смещения атомов.»* (4) *«В работе отсутствует оценка скорости столкновения наночастиц алмаза.»*

Смовж Д.В. Замечания: (1) *«Утверждение о линейности зависимости... (проводимости от содержания углерода) не очевидно и требует подтверждений».* (2) *«В работе рассматриваются только структурные параметры алмазной фазы, и не уделяется внимания другим углеродным формам...».* (3) *«...на основании ... данных (просвечивающей электронной микроскопии) некорректно судить о составе материала в целом...».* *«В работе есть ссылки на данные РФА, но не представлено ни одного графика...».* Отметил ряд недостатков в оформлении рисунков, текста и опечаток в тексте.

Во всех отзывах отдельно отмечается, что указанные замечания не снижают высокой научной и практической значимости диссертационной работы. Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа Анисичкина В.Ф. **полностью соответствует** требованиям, которые ВАК предъявляет к докторским диссертациям, а её автор – Анисичкин В.Ф. – заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов и сотрудников ведущей организации в области физики и химии взрыва, а также формировании углеродных наноструктур в сложных реагирующих средах, что подтверждается наличием у них публикаций научных работ в данных областях 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 с применением «меченых» атомов углерода получены экспериментальные данные о процессах и последовательности детонационного превращения органических энергетических материалов, в том числе с образованием наноалмаза;
- предложена модель детонационного разложения энергетических материалов и ударно-волнового превращения невзрывчатых органических веществ, адекватная современным экспериментальным данным по химическому и фазовому составу углеродосодержащих продуктов взрыва;
- впервые обнаружен и объяснен рост алмазных частиц во фронте детонации в твердом состоянии объединением кристаллических решеток за счет фононных эффектов при столкновениях частиц.

- объяснен механизм образования зоны высокой проводимости фронта детонации органических энергетических материалов формированием проводящих углеродных конгломератов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для теории и практики заключается в том, что они вносят существенный вклад в развитие теории превращений веществ и кинетики быстрых химических реакций при высоких давлениях и температурах и при больших градиентах давлений и массовых скоростей в ударных волнах. Полученные результаты могут быть использованы для повышения точности прогноза детонационных характеристик вновь синтезируемых энергетических материалов и оптимизации их состава для производства наноалмазов и других наноматериалов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что: *полученные научные результаты и сделанные выводы* основаны на применении современных экспериментальных методов, теоретических и численных подходов и согласуются с известной совокупностью экспериментальных данных по физике и химии ударно-волновых и детонационных процессов.

Личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментальных исследований по физике и химии детонационных процессов, в том числе методами «меченых» атомов, в численной обработке экспериментальных данных, их анализе и обобщении результатов. Подготовка публикаций по теме диссертации осуществлялась соискателем.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное исследование с актуальными, фундаментальными и практически важными результатами. Материалы диссертации соответствуют п. 1 "экспериментальные методы исследования химической структуры и динамики химических превращений" и п. 7 "Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения,

детонации, взрывных и ударных волн", паспорта научной специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (отрасль науки — физико-математические).

Соискатель Анисичкин В.Ф. успешно ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы из зала, на замечания оппонентов, ведущей организации и в отзывах на Автореферат. По всем научным вопросам были даны аргументированные и четкие ответы. Соискатель согласился с техническими замечаниями по оформлению диссертационной работы.

На заседании 8 ноября 2023 г. диссертационный совет постановил: за решение научных проблем - установление механизма детонационного и ударно-волнового разложения органических веществ, адекватного современным экспериментальным данным, и установление механизма образования и роста алмазных наночастиц в ударно-волновых процессах, присудить *Анисичкину Владимиру Федоровичу* учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 12 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 -0.

Председатель диссертационного совета,

д-р хим. наук, доцент

Онищук Андрей Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,

канд. хим. наук

Поздняков Иван Павлович

«9» ноября 2023 г.