

**Отзыв на автореферат диссертации  
Анисичкина Владимира Федоровича  
«Механизм детонационного и ударно-волнового разложения органических веществ с  
образованием наноалмаза», представленной на соискание ученой степени доктора  
физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение  
и взрыв, физика экстремальных состояний вещества**

Тема диссертационной работы В.Ф. Анисичкина связана с одним из центральных вопросов химической физики и физики экстремальных состояний вещества - механизмом формирования совершенных наноразмерных кристаллов из энергетических материалов (ЭМ) в процессе детонации. Фундаментальный интерес к вопросу о формировании совершенной структуры из хаоса углеродных атомов был сформулирован еще в первых работах лауреата Нобелевской премии Г.Крото (H.Kroto) и связан с формированием высокосимметричной структуры фуллеренов в электрической дуге. Сообщалось также об экспериментальном наблюдении структурных фазовых переходов графит - луковичная форма углерода – алмаз под действие электронных потоков (Banhart F, 1996). Теоретические расчеты приводили к выводу, что алмаз, а не графит является термодинамически стабильной структурой на наномасштабе (Gamarnik M.Y, 1996). Все эти факты, наряду с расширяющимся промышленным производством детонационных наноалмазов (ДНА), обуславливают новизну и актуальность тематики диссертационной работы В.Ф.Анисичкина.

Автор ясно аргументирует основную задачу исследования – установление механизма детонационного превращения органических ЭМ, который может быть подтвержден известными и новыми, впервые полученными автором, экспериментальными данными.

Научная новизна полученных в диссертационном исследовании результатов определяется, в первую очередь, применением «меченых» атомов углерода для изучения процессов превращения органических ЭМ и формирования алмазных наночастиц.

Автором ясно и в полном соответствии с требованиями ВАК, сформулированы три научных положения, выносимых на защиту, при этом приведенные положения обоснованы как совокупностью полученных экспериментальных данных, так и подробным теоретическим анализом моделей с учетом результатов исследований последних лет.

Можно сказать, что основным результатом исследования является предложенная автором модель формирования алмазной фазы при детонационном разложении органических ЭМ, что является существенным научным вкладом в понимание процессов детонационного синтеза наноструктур.

Не возражая по существу предложенной автором модели, не могу не высказать ряд замечаний к тексту автореферата:

1. Рассматривая структуру сформированных в результате детонации ЭМ алмазных наночастиц, автор игнорирует тот факт, что через микросекунды после детонации величины давления и температуры снижаются в область термодинамической стабильности графита, то есть должен происходить «обратный» структурный фазовый переход алмаз-графит. При этом соотношение скоростей падения давления и температуры оказывает существенное влияние на кристаллическую структуру алмазной наночастицы. Именно этим фактом объясняется, например, экспериментально наблюдаемое различие в структурах детонационного алмаза, получаемого методом так называемого «сухого» и «водного» синтезов (Вуль А.Я., Байдакова М.В., ФТТ, 1997-1999).

2. Как правильно отмечает автор, комментируя рис. 13, при анализе распределения алмазных частиц по размерам в нанометровом диапазоне необходимо исключить как влияние процедуры удаления неалмазной фазы, так и методические погрешности метода динамического рассеяния света. Поэтому заключение о том, что не существуют алмазные наночастицы детонационного синтеза с размером менее 2.5 нм. (рис.13, стр. 31 автореферата) следует воспринимать критически.



Такие утверждения требуют использования нескольких методов исследования структуры (см, например S. Stehlik. Journ. Phys. Chem 2021).

3. На стр. 25 автореферата говорится, цитирую «о приближенном равенстве локальной на площади атома ширины фронта УВ межмолекулярному расстоянию». Не ясно, какой физический смысл придает автор понятию «локальной по площади атома»?

4. Нельзя признать корректным использование при расчетах «усредненного значения постоянной решетки, найденного из измеренной на гелиевом пикнометре плотности частиц в 3.1 – 3.2 г/см<sup>3</sup>». Многократно экспериментально установлено (методами рентгеновской дифракции и просвечивающей электронной микроскопии), что постоянная решетки алмазной наночастицы детонационного синтеза соответствует соответствующему значению для кристалла алмаза макроскопических размеров. Тот факт, что пикнометрическая плотность исследованных наночастиц оказалась меньше, чем у объемных кристаллов алмаза (3.51 г/см<sup>3</sup>) может свидетельствовать о наличии менее плотной углеродной оболочки, покрывающей алмазное ядро, со смешанным типом гибридизации связей между углеродными атомами - типа  $sp^{3-x}$ .

Отмеченные замечания не влияют, разумеется, на общую высокую оценку многолетнего объемного научного исследования.

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается многочисленными публикациями (общее число публикаций по теме диссертации 27) и докладами на 16 профильных отечественных и международных конференциях. Научный уровень и практическая значимость выполненного исследования, а также апробация результатов на семинарах и конференциях позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа является существенным вкладом в физику.

На основании автореферата и опубликованных работ можно утверждать, что диссертационная работа является законченным научным исследованием, содержит новые научные положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы. Диссертация полностью соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к докторским диссертациям.

Содержание автореферата правильно отражает содержание работы и удовлетворяет требованиям ВАК. Считаю, что Анисичкин Владимир Федорович несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

доктор физ.-мат. наук, профессор  
главный научный сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе

А. Я. Вуль

Почтовый и электронный адреса:

Вуля Александра Яковлевич

194021 С.Петербург, Политехническая 26

ФГБУН Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Alexandervul@mail.ioffe.ru

7(812) 292-71-07

Ученый секретарь ФТИ им. А. Ф. Иоффе

М. И. Патров

16.10.23 2

