

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Давыдова Валерия Александровича «Полимеризованные состояния высокого давления фуллерена  $C_{60}$ : синтез, идентификация и исследование свойств», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Всестороннее изучение свойств новых углеродных материалов и выяснение технологического потенциала их использования являются сегодня одной из актуальных задач современного материаловедения. С этой точки зрения диссертационная работа В.А. Давыдова «Полимеризованные состояния высокого давления фуллерена  $C_{60}$ : синтез, идентификация и исследование свойств», несомненно актуальна, тем более, что полимеризованные состояния  $C_{60}$  формируют, по сути, новый отдельный класс углеродных соединений на основе фуллеренов, относящихся к разряду - "carbon alloys" - «смешанных промежуточных форм углерода».

Следует отметить, что научная новизна характерна для большинства результатов представленных в работе. Благодаря систематическому характеру выполненных исследований автору удалось решить проблему синтеза, практически чистых поликристаллических и монокристаллических образцов орторомбической, тетрагональной и ромбоэдрической полимерных фаз  $C_{60}$  и одним из первых приступить к определению индивидуальных свойств этих полимерных фаз  $C_{60}$ . На мой взгляд, именно определение структурных моделей, колебательных свойств и термодинамических характеристик кристаллических полимерных фаз  $C_{60}$ , выполненное в работе, является основным достижением данного исследования

Важным достоинством работы является ее комплексный характер. Исследования превращений фуллерена  $C_{60}$  при высоких давлениях изучены автором не только в широком диапазоне давлений и температур, но и в условиях комбинированного воздействия на исследуемые системы давления и высоких сдвиговых деформаций, давления и лазерного облучения. В работе использованы как *ex situ*, так и *in situ* методы исследования поведения углеродных материалов под давлением с применением широкого спектра аппаратов высокого давления.

На базе *ex situ* изучения рентгеновских дифрактограмм, КР и ИК спектров продуктов обработки фуллерита  $C_{60}$  при различных давлениях, температурах и временах изотермической выдержки проведена идентификация образующихся углеродных состояний высокого давления и построена неравновесная  $p$ - $T$  диаграмма превращений  $C_{60}$  в условиях квазигидростатического сжатия.

Интересным результатом работы, с точки зрения теории полимеров, стало выделение  $p$ ,  $T$  областей существования золь-фракций, включающих молекулярные упаковки различных типов полимеров  $C_{60}$  конечного размера, гель-фракций, образуемых 3D полимерными структурами  $C_{60}$  бесконечного размера и определение  $p, T$  координат линий золь-гель перехода. При этом образование 3D полимеризованных состояний  $C_{60}$ , обладающих твердостью сопоставимой с твердостью алмаза, было впервые сделано в рамках данного исследования.

Важным практическим результатом изучения колебательных спектров полимерных фаз  $C_{60}$  стало определение подлинно индивидуальных ИК и КР спектров разных полимеризованных состояний  $C_{60}$ , выделение характеристических (аналитических) линий различных типов полимеризованных состояний и разработка на этой основе методов качественного и количественного молекулярного фракционного анализа продуктов полимеризации  $C_{60}$ .

Благодаря наличию эффективной ИК спектральной методики количественного молекулярного фракционного анализа в работе впервые проведено прямое экспериментальное изучение кинетики твердофазной димеризации фуллерена  $C_{60}$  при высоких давлениях в условиях ГЦК и ПК фаз фуллерита и показано различие механизмов превращения в этих фазах, связанное с различием характера вращения молекул  $C_{60}$  в этих мономерных упаковках.

Отличительной особенностью диссертационной работы, обеспечившей надежность и достоверность полученных результатов, является сочетание экспериментальных методов структурных исследований с модельными расчетами упаковок различных полимерных молекул  $C_{60}$ , позволившее впервые установить реальные типы симметрии кристаллических полимерных фаз  $C_{60}$ .

В числе других достижений хотелось бы отметить обнаружение фотоиндуцируемой полимеризации линейных полимеров  $C_{60}$  под давлением, приводящей к образованию еще одной полимерной фазы  $C_{60}$ , представляющей собой упаковку димеров из линейных полимеров  $C_{60}$ . В работе также впервые изучены зависимости структурных параметров димеризованного состояния, орторомбической и тетрагональной ( $P4_2/mmc$ ) полимерных фаз  $C_{60}$  от давления и определены объемные модули сжатия этих фаз.

Помимо фундаментальной, результаты работы имеют несомненную практическую значимость и являются заметным вкладом в развитие методов синтеза новых углеродных материалов на основе различных типов полимеров  $C_{60}$  и исследование их свойств.

Работы В.А. Давыдова хорошо известны специалистам в области углеродных материалов. Список публикаций содержит 75 работ в реферируемых российских и международных журналах и научных изданиях.

Высокий научный уровень выполненных исследований свидетельствует о том, что профессиональная квалификация В.А. Давыдова соответствует ученой степени доктора химических наук.

Считаю, что выполненная работа по актуальности, новизне, объему и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Давыдов Валерий Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Заведующий кафедрой химической технологии и новых материалов  
Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,  
доктор химических наук, профессор  
e-mail: avdeev@highp.chem.msu.ru  
Виктор Васильевич Авдеев



В.В.Авдеев



« 1 » октября 2015