

Рубцов И.А.<sup>1,4</sup>, Тен К.А.<sup>1,4</sup>, Прууэл Э.Р.<sup>1,4</sup>, Кашкаров А.О.<sup>1,4</sup>,  
Толочко Б.П.<sup>2,4</sup>, Жуланов В.В.<sup>3,4</sup>, Шехтман Л.И.<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск

<sup>2</sup> Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск

<sup>3</sup> Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск

<sup>4</sup> Новосибирский государственный университет

E-mail: rubtsov314@mail.ru

В 2015 году была запущена новая экспериментальная станция для исследования быстропротекающих процессов с использованием СИ от ускорительного комплекса ВЭПП-4М. Данная станция SYRAFEEMA (Synchrotron Radiation Facility for Exploring Energetic Materials) имеет значительно большую интенсивность излучения, по сравнению с аналогичной станцией «Экстремальные состояния вещества» использующей СИ от ускорительного комплекса ВЭПП-3, что позволило регистрировать малоугловое рентгеновское рассеяние (МУРР) при детонации зарядов взрывчатых веществ (ВВ) большого диаметра (до 40 мм), и увеличить массу исследуемых зарядов в 10 раз (до 200 грамм) [1]. Регистрация МУРР при детонации ВВ позволяет извлекать информацию о флуктуации плотности, которая связана с процессом конденсации углерода.

Подобные эксперименты были проведены в Advanced Photon Source (Argonne National Laboratory, США). Результаты коллег показали, что при детонации гексанитростильбена образуются частицы углерода с радиусом гирация 2.7 нм, который регистрируются через 400 нс и остается постоянным в течении нескольких микросекунд. Следует отметить, что исследовались небольшие заряды диаметром 6.34 мм [2]. Динамика конденсации углерода в крупных зарядах остается актуальной задачей.

Ранее в работе [1] на экспериментальной станции "Экстремальные состояния вещества" получена динамика роста углеродных частиц при детонации зарядов различных ВВ. Качественно для всех ВВ наблюдается одинаковая зависимость: начальный размер частиц составляет  $\approx 2$  нм, далее наблюдается рост и размер конденсированных частиц выходит на постоянную величину. Для прессованных зарядов тринитротолуола диаметром 20 мм и длиной 30 мм наблюдается рост в течении  $\approx 1.5$  мкс до  $\approx 5$  нм

В работе измерена динамика МУРР при детонации цилиндрических литых зарядов тротила диаметром 30 и 40 мм. Минимальный фиксируемый в эксперименте размер частиц составляет 3 нм. Частицы такого размера фиксируются сразу за фронтом детонации, затем средний размер частиц растет в течении 4–8 мкс и достигает 4–6 нм. Время роста наночастиц за фронтом химической реакции зависит от размера

исследуемого заряда (растет с ростом диаметра заряда) и асимптотический размер частиц больше, для зарядов большего диаметра.

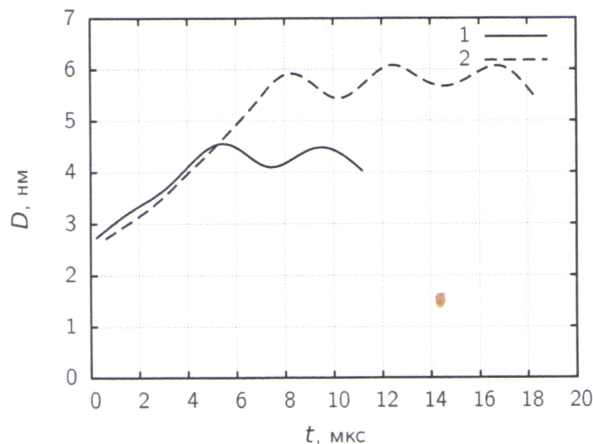


Рис. 1. Динамика размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации тринитротолуола, 1-диаметром 30 мм, 2 – 40 мм

Проведенные эксперименты не позволяют говорить о фазовом состоянии наночастиц, однако дальнейшее повышение интенсивности СИ позволит измерять дифракцию на большие углы и как следствие определить фазовый состав конденсированного углерода в продуктах детонации.

1. K.A. Ten, V.M. Titov, E.R. Prueel, A.O. Kashkarov, B.P. Tolochko, Yu.A. Aminov, B.G. Loboyko, A.K. Muzyrya and E.B. Smirnov. Carbon condensation in detonation of high explosives // Proceedings Fifteenth International Detonation Symposium. San Francisco, California, USA. July 13-18, 2014. ONR-43-280-15. (2015). P. 369-374.
2. M. Bagge-Hansen, L. Lauderbach, R. Hodgins, S. Bastea, L. Fried, A. Jones, T. van Buuren, D. Hansen, J. Benterou, C. May, T. Graber, B. J. Jensen, J. Ilavsky and T. M. Willey. Measurement of carbon condensates using small-angle x-ray scattering during detonation of the high explosive hexanitrostilbene // Journal of Applied Physics. V. 117. Issue 24. 245902 (2015).

Работа поддержана РФФИ (грант № 14-03-00770).