

Liquid dispersions as a way to store and modify nanodiamonds

Neutron scattering is used in the development of stable liquid dispersions of nanodiamonds for various nanotechnologies.

Detonation nanodiamonds (DNDs) are diamond crystallites with a characteristic size of less than 10 nm. They are produced in special reactors by detonating organic explosives with a carbon-oxygen imbalance towards carbon. Today, of particular interest is the combination of a high specific surface area of DNDs with their biocompatibility, an important factor in the creation of nanocomposite materials for medical applications, which use spe-

cial spectral properties of these nanoparticles and their chemical derivatives. One of the main areas of physicochemical studies of DNDs is the synthesis of their liquid dispersions in various solvents as a basis for storage and subsequent chemical modifications of nanoparticles. The presence of stable liquid dispersions of DNDs in a wide range of concentrations (up to 10 wt %) makes it possible to use effectively the method of small-angle neutron scattering (SANS) in structural studies using a contrast variation based on hydrogen-deuterium isotopic substitution in solvents. At FLNP, corresponding ex-

Fig. 1. SANS from liquid dispersions of detonation nanodiamonds reveals fractal clusters of nanoparticles and adsorption of clusters on sheets of graphene oxide in mixed solutions.

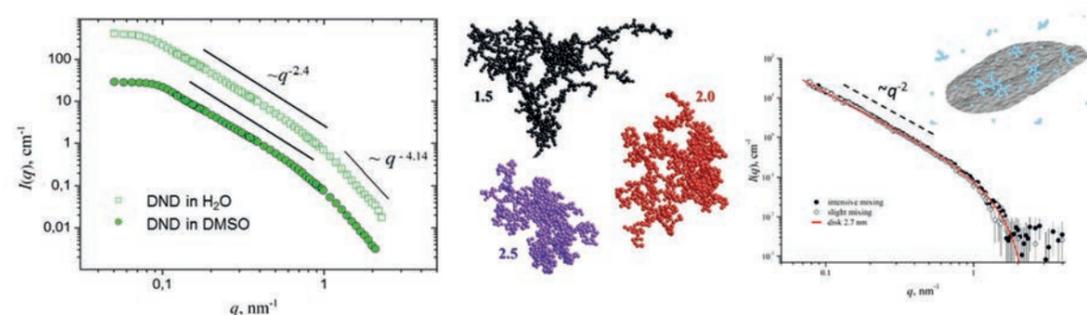


Рис. 1. МУРН на жидких дисперсиях детонационных наноалмазов обнаруживает фрактальные кластеры наночастиц и адсорбцию кластеров на листах оксида графена в смешанных растворах.

Жидкие дисперсии как способ хранения и модификации наноалмазов

Рассеяние нейтронов используется в разработке стабильных жидких дисперсий наноалмазов для различных нанотехнологий.

Детонационные наноалмазы (ДНА) представляют собой кристаллиты алмаза с характерным размером менее 10 нм. Они производятся в специальных реакторах посредством подрыва органических взрывчатых веществ с углерод-кислородным дисбалансом в сторону углерода. Сегодня особый интерес представляет сочетание высокой удельной поверхности ДНА с их биосовместимостью – важный фактор при соз-

дании нанокомпозиционных материалов для медицинских приложений, использующих особые спектральные свойства данных наночастиц и их химических производных. Одним из главных направлений физико-химических исследований ДНА является синтез их жидких дисперсий в различных растворителях как основы для хранения и последующих химических модификаций наночастиц. Наличие устойчивых жидких дисперсий ДНА в широком диапазоне концентраций (до 10 вес. %) позволяет крайне эффективно применять в структурных исследованиях метод малоугло-

periments are actively carried out using the YuMO facility of the IBR-2 reactor. Diamond has a significantly higher scattering length density for neutrons than for X-rays, which, in comparison with the latter, makes neutron experiments more informative. The main emphasis of today's research is on studying the formation of clusters (a characteristic level up to 100 nm and higher) during the synthesis and dispersion of DND particles into liquid carriers, as well as the cluster-cluster interaction and interaction with other additional components in liquid dispersions. Thus, on the basis of measurements of the scattering structure-factor, model potentials for the

cluster-cluster interaction in solution are proposed. In cooperation with the Ioffe Institute (St. Petersburg) the adsorption of DND clusters on graphene sheets in mixed aqueous solutions of nanodiamonds and graphene oxide (sheet diameter > 1 μ m) was revealed. The structural aspects of the transition of nanodiamond dispersions into gels in concentrated solutions were studied in detail as well.

All structural information obtained in the course of neutron experiments is actively used in the development of methods for controlled cluster formation in liquid dispersions of nanodiamonds during their long-term storage.

Fig. 2. Interaction of clusters in aqueous dispersions of detonation nanodiamonds: scattering structure-factor for clusters; network of clusters in concentrated solutions; growth of viscosity upon sol-gel transition.

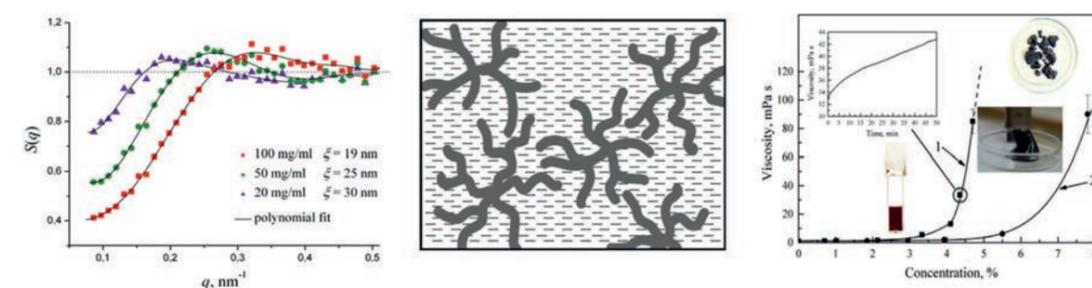


Рис. 2. Взаимодействие кластеров в водных дисперсиях детонационных наноалмазов: структурный фактор рассеяния для кластеров; сеть кластеров в концентрированных растворах; рост вязкости при золь-гель переходе.

вого рассеяния нейтронов (МУРН) с использованием вариации контраста на основе изотопного замещения водород-дейтерий в растворителях. В ЛНФ соответствующие эксперименты активно проводятся на установке ЮМО реактора ИБР-2. Алмаз обладает существенно большей плотностью длины рассеяния в отношении нейтронов, чем рентгеновских лучей, что, в сравнении с последними, обуславливает большую информативность нейтронных экспериментов. Основной акцент сегодняшних исследований делается на изучение образования кластеров (характерный уровень до 100 нм и выше) при синтезе и диспергировании частиц ДНА в жидкие носители, а также их взаимодействия друг с другом и другими добавочными компонентами в жидких

дисперсиях. Так, на основании измерений структурного фактора рассеяния предложены модельные потенциалы взаимодействия кластеров в растворе. В сотрудничестве с Физико-техническим институтом им. А.Ф.Иоффе (Санкт-Петербург) выявлена адсорбция кластеров на графеновые листы в смешанных водных растворах наноалмазов и оксида графена (диаметр листа > 1 мкм), а также подробно исследованы структурные аспекты перехода наноалмазных дисперсий в гели при их концентрировании.

Вся структурная информация, полученная в ходе нейтронных экспериментов, активно используется в разработке способов контролируемого кластерообразования в жидких дисперсиях наноалмазов при их длительном хранении.