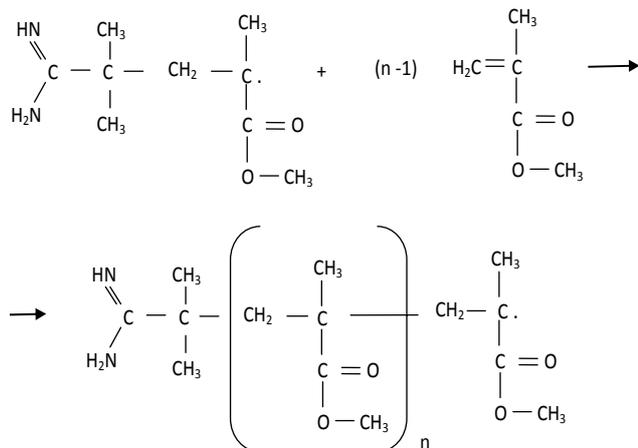
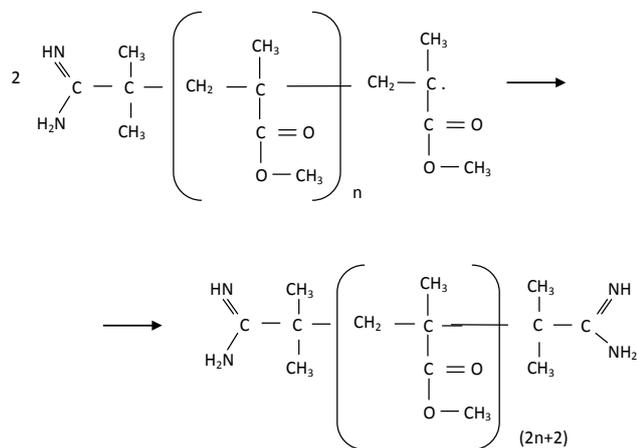


Затем к начальному звену присоединяются следующие молекулы MMA, идет рост цепи:



Обрыв цепи происходит при взаимодействии двух радикалов:



При проведении экспериментов по получению наноразмерной дисперсии ПММА в воде, после стабилизации температуры в реакторе с помощью термо-

ста, проводились измерения колебаний температуры реакционной смеси в режиме динамического наблюдения (рис. 1).

После введения инициатора в реактор температура термостатирования не изменялась, реакция полимеризации идет с длительным медленным разогревом реакционной смеси по мере роста полимера и резким повышением температуры в конце реакции, когда идет обрыв цепи.

Полученные водные дисперсии ПММА исследовались с помощью электронного микроскопа S5500 фирмы Hitachi (имеет следующие основные характеристики: разрешение 0,4 нм, при ускоряющем напряжении 30 кВ; максимальное увеличение 2 000 000×; возможность изменять ускоряющее напряжение от 0,5 до 30 кВ с шагом 1 кВ и ток зонда от 1 до 10 нА).

Было установлено, что изменения концентрации MMA, количества вводимого инициатора, скорости перемешивания реакционной смеси и температурного режима в реакторе позволяют управлять размерами получаемых частиц. Так, в случае полностью идентичных условий проведения реакции, размеры сферических частиц ПММА из разных партий образцов практически одинаковы (рис. 2–3).

Их размер зависит только от концентрации мономера и от количества образующихся в результате распада инициатора активных радикалов.

Изменение температуры термостатирования реактора на 1...2 °С при прочих идентичных условиях приводит к существенному изменению размера частиц ПММА (рис. 4–5).

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана методика синтеза стабильных водных дисперсий сферических частиц ПММА с узким распределением по размерам. Получены образцы дисперсий с диаметром сфер от 100 до 500 нм (рис. 6).

Узкое распределение по размерам сферических частиц в образце повышает воспроизводимость структуры наноматериалов на их основе и позволяет избежать образования дефектов при их самосборке, например, в коллоидные монокристаллы с регулярной гексагональной упаковкой сфер ПММА (рис. 7).

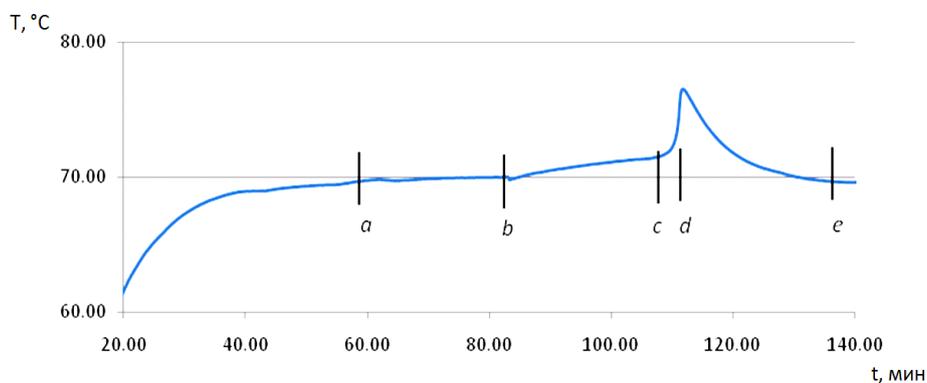


Рис. 1. Изменения температуры реакционной смеси в процессе полимеризации MMA: ось абсцисс – время от начала эксперимента; ось ординат – температура реакционной смеси; *ab* – время установления в реакторе заданной температуры; *b* – момент введения инициатора полимеризации; *bc* – активация и рост цепи; *cd* – обрыв цепи; *de* – время остывания реакционной смеси до температуры реактора

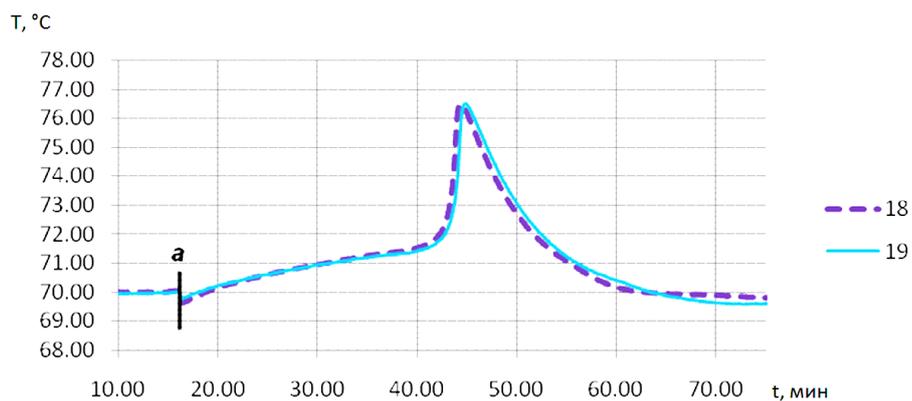
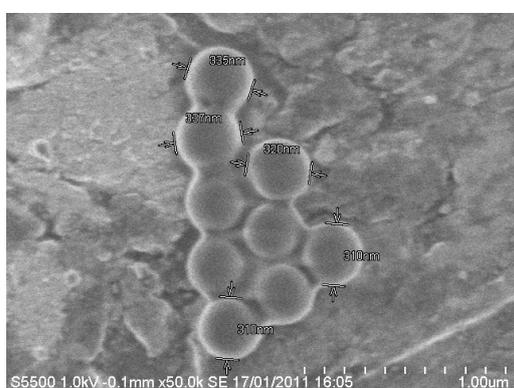
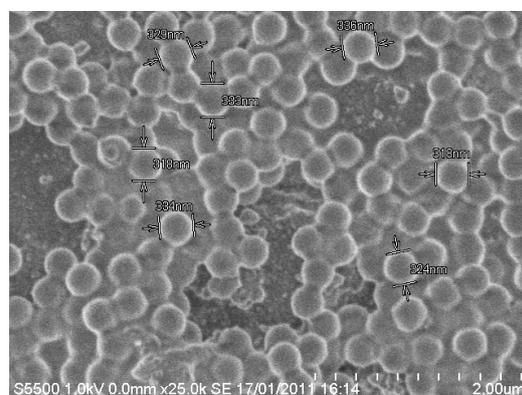


Рис. 2. Термограммы образцов № 18 и 19, полученных в идентичных условиях:
а – момент введения инициатора полимеризации



а



б

Рис. 3. Размеры частиц ПММА:
а – образец № 18; б – образец № 19

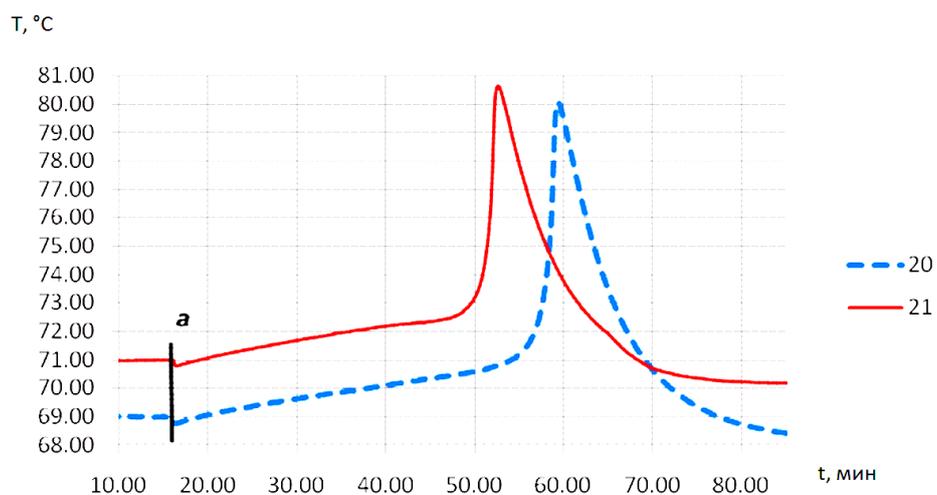


Рис. 4. Термограммы реакции полимеризации ПММА:
точка а – момент введения инициатора; ----- – полимеризация при температуре 69 °С;
————— – полимеризация при температуре 71 °С

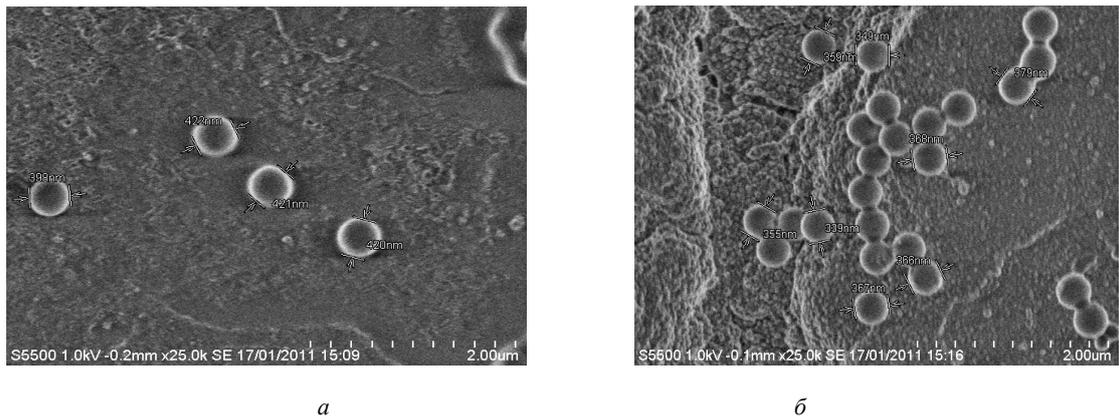


Рис. 5. Образцы частиц ПММА:
a – образец № 20; *б* – образец № 21

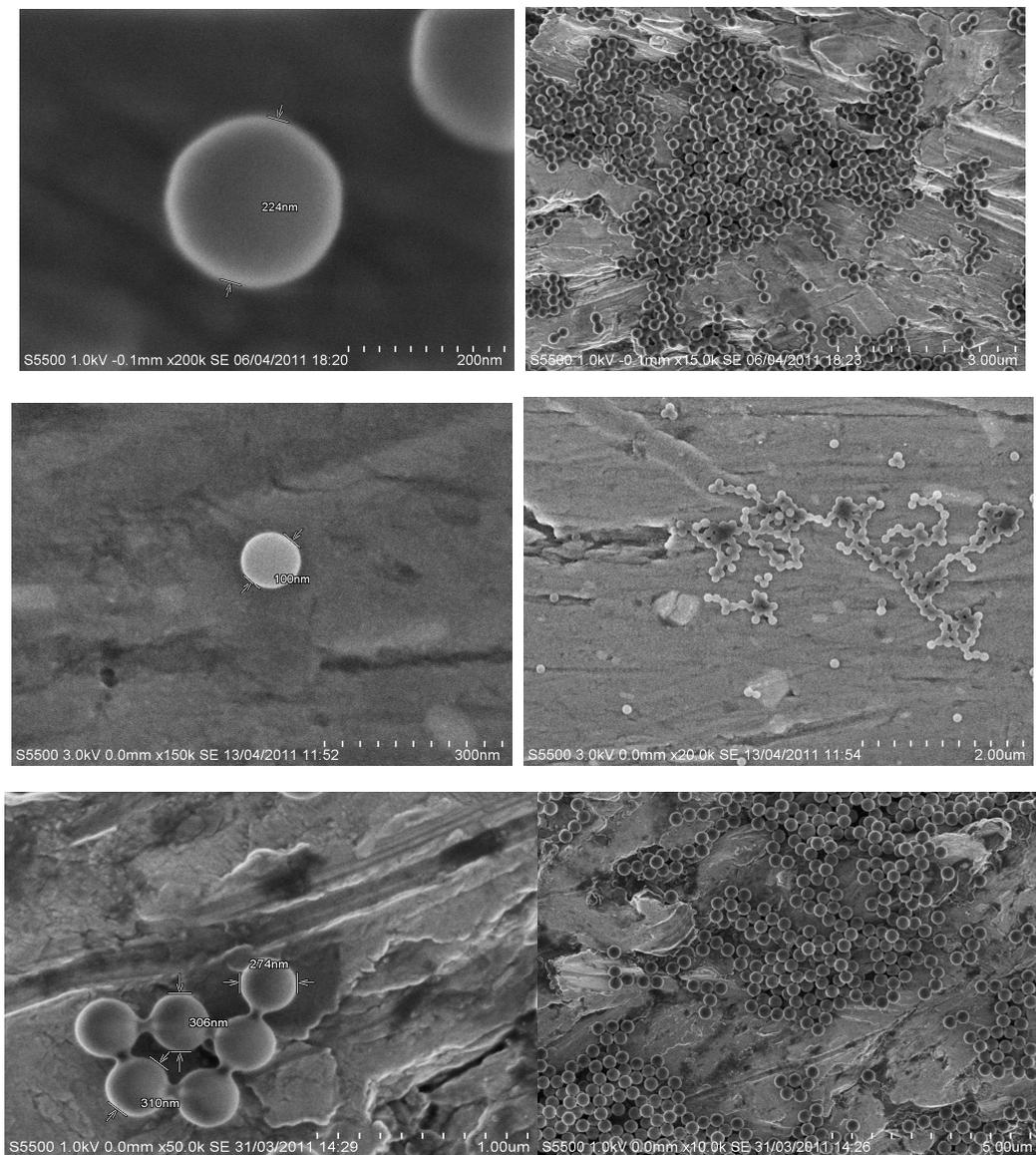


Рис. 6. Некоторые образцы полученных сферических частиц ПММА:
справа – общий вид; слева – отдельные сферы с указанием размера

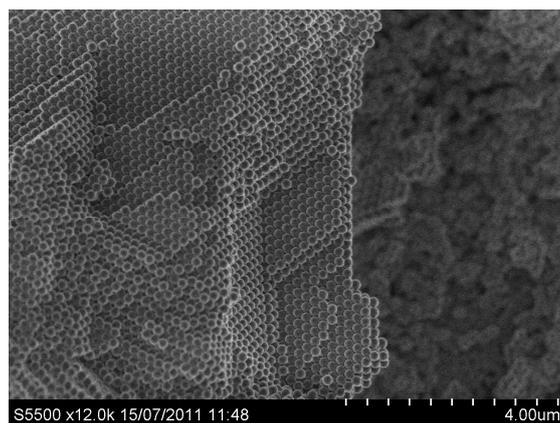


Рис. 7. Коллоидный монокристалл из сфер ПММА диаметром ~200 нм

Библиографические ссылки

1. The chemistry of nanostructured materials / Ed. Peidong Yang. World Scientific Co. New Jersey–London–Singapore, 2003.

2. Nanomaterials and supramolecular structures. Physics, chemistry, and applications / Eds A. P. Shpar, G. V. Kurduimov, P. P. Gorbyk. Springer, Heidelberg–London–New York, 2009.

3. Высокмолекулярные соединения / А. Ю. Меньшикова и др. А 48. 2009.

4. Рамбиди Н. Г., Берёзкин А. В. Физические и химические основы нанотехнологии. М.: Физматлит, 2008.

5. Schroden R., Balakrishnan N. Inverse opal photonic crystals. A laboratory guide / University of Minnesota, 2008.

O. V. Shabanova, A. V. Shabanov, I. V. Nemtsev

RESEARCH OF CONDITIONS OF SYNTHESIS OF NANOSCALE MONODISPERSE SPHERICAL PARTICLES OF POLY-METHYLMETHACRYLATE

Conditions of the synthesis of poly-methylmethacrylate nanoscale spherical particles with narrow distribution in the sizes dispersed in water have been investigated. The morphology of particles was analyzed with the help of a method of scanning electron microscopy (SEM).

Keywords: polymerization of methylmethacrylate, poly-methylmethacrylate spherical particles, monodispersion, the initiator of polymerization, scanning electron microscopy.

© Шабанова О. В., Шабанов А. В., Немцев И. В., 2011