



# ИНКАСУЛИРОВАННЫЕ ЭНЕРГОЕМКИЕ МАТЕРИАЛЫ С ПОМОЩЬЮ ЭМУЛЬСИЙ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМИ НАНОАЛДАЗАМИ

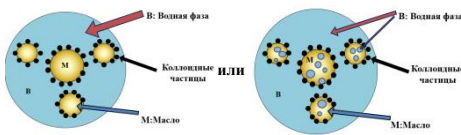
Паламарчук К.В.<sup>1</sup>, Букреева Т.В.<sup>1,2</sup>, Бузин А.И.<sup>3,1</sup>, Дмитряков П.В.<sup>1</sup>, Graham M.<sup>4</sup>, Shchukin D.<sup>4</sup>



<sup>1</sup>Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,  
<sup>2</sup>Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова ФИЦ «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук  
<sup>3</sup>Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук,  
<sup>4</sup>Stephenson Institute for Renewable Energy, University of Liverpool

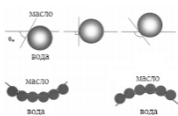
В настоящее время активно ведутся разработки в области инкапсулирования энергоёмких материалов – источников альтернативной «зеленой» энергии. В качестве теплоаккумулирующих веществ особое внимание уделяется веществам с фазовым переходом. Заключение таких веществ в капсулы помимо стабилизации системы и защиты содержимого капсул от внешней среды приводит к модификации поверхности инкапсулированной фазы.

## Коллоидосомы



**Управление смачиваемостью частиц:**

- Химическая модификация
- Физическая адсорбция ПАВ
- Формирование гетероагрегатов из противоположно заряженных наночастиц



$$\sigma_{i,e} > |\sigma_{p,i} - \sigma_{p,e}|$$

$\sigma_{i,e}$  – поверхностная энергия между жидкостями внутри капли и снаружи  
 $\sigma_{p,i}$  – поверхностная энергия между частицей и внутренней жидкостью капли  
 $\sigma_{p,e}$  – поверхностная энергия между частицей и внешней жидкостью капли

$$E = \pi r^2 \sigma (1 \pm \cos \theta)^2$$

– энергия, необходимая для удаления частицы с поверхности раздела фаз

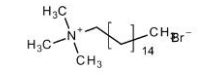
## Используемые коллоидные частицы:

- Золев детонационных наноалмазов (ДНА) (4,5 нм, ≈1 мас.%) – ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН (лаборатория физики кластерных структур) [Dideikin A.T et al. Carbon, 2017, v.122, p. 737].
- Золев наночастиц SiO<sub>2</sub> (7 нм, 30 мас.%) – S. Aldrich, Ludox SM-30

## Состав эмульсий

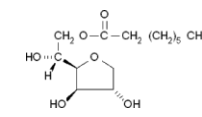
**Микрокапсулы с оболочкой из SiO<sub>2</sub>:**

- Масло – эйкозан
- Водная фаза – золев н.ч. SiO<sub>2</sub>, 0,25 мас.%, цетилтриметиламмоний бромид (ЦТАБ) 5\*10<sup>-2</sup> M
- Соотношение масло/вода – 1:9



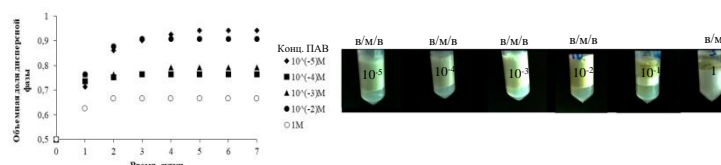
**Микрокапсулы с оболочкой из детонационных наноалмазов (ДНА):**

- Масло – а) соевое масло, Спан80 от 10<sup>-5</sup> до 1М, б) эйкозан, Спан80 10<sup>-3</sup> M или эйкозан, Спан80 10<sup>-3</sup> M + олеиновая кислота 17 мас.%
- Водная фаза- золев ДНА 1мас.%,
- Соотношение масло/вода – 1:1

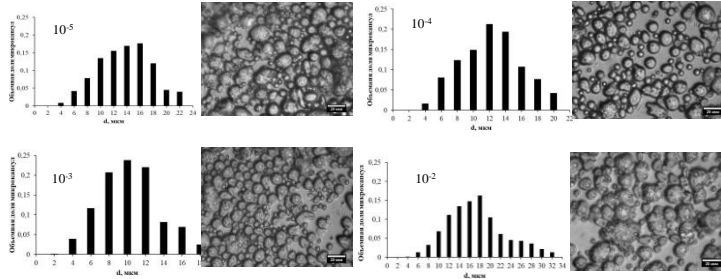


## Соевое масло (ДНА+Спан80)

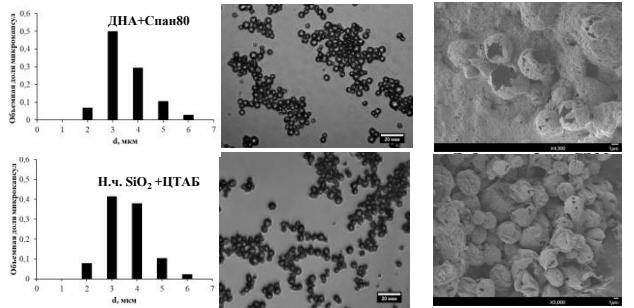
### Концентрирование дисперсии микрокапсул



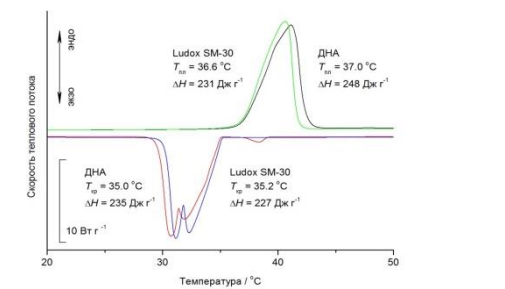
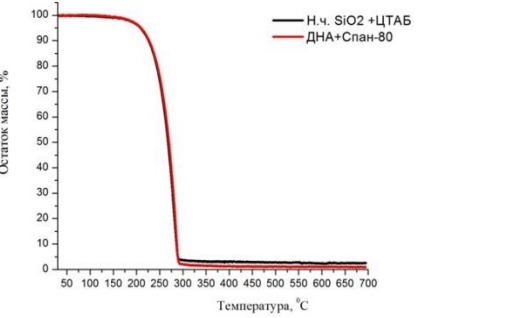
### Распределение микрокапсул по размеру от концентрации ПАВ (моль/л)



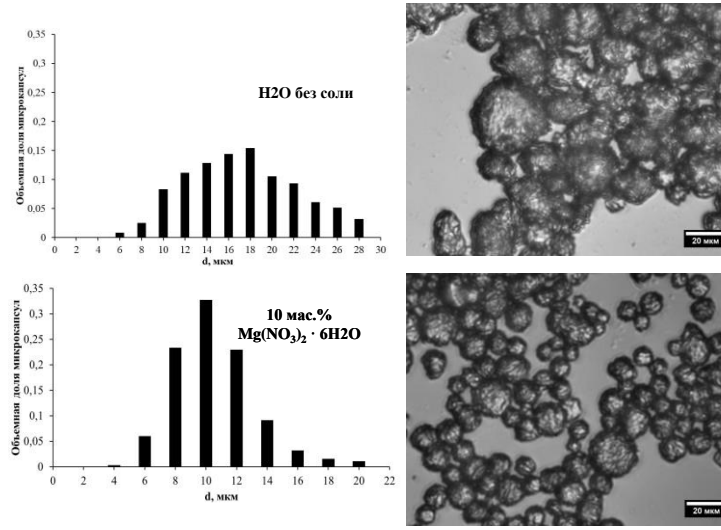
## Эйкозан



### Термический анализ микрокапсул



## Эйкозан+Олеиновая кислота+Спан80



1. Исследована зависимость размера микрокапсул с соевым маслом от концентрации Спан80, наименьший размер капсул достигался при концентрации 10<sup>-3</sup> M, d<sub>возд</sub> = 10 нм
  2. Исследованы термические свойства микрокапсул, показала отсутствие эффекта оболочки
  3. Получены множественные эмульсии типа в/м/л, стабилизированные ДНА и ПАВ:
- с соевым маслом
  - с эйкозаном

Получена система с двумя типами энергоёмких веществ в одной капсуле