**Инкапсуляция фазово-переходных материалов в контейнеры на основе эмульсий Пикеринга, стабилизированных наночастицами целлюлозы**

***Карсукова А.Д., Воронин Д.В., Винокуров В.А.***

*Студент, 4 курс бакалавриата*

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
Факультет Химической Технологии и Экологии, Москва, Россия*

*E-mail: karsukova2017@yandex.ru*

Фазово-переходные материалы (ФПМ) представляют интерес для получения новых материалов с улучшенными терморегулирующими свойствами из-за их способности запасать, хранить и пролонгировано высвобождать тепловую энергию в виде скрытой теплоты фазовых переходов. Однако, использование ФПМ в качестве добавок к строительным материалам в чистом виде ограничено из-за утечек ФПМ при переходе в жидкую фазу и ухудшением их терморегулирующих свойств при взаимодействии с окружающей средой.

В работе предложен метод по инкапсуляции модельного органического ФПМ (октадекана) в микроразмерные контейнеры путем полимеризации эмульсий Пикеринга, стабилизированных нанокристаллической (НКЦ) и нанофибриллярной (НФЦ) целлюлозой. Для полимеризации оболочки в масляную фазу эмульсий был добавлен диизоцианат, образующий уретановые или амидные связи в ходе реакции с целлюлозой. В отличие от традиционной эмульсионной полимеризации, данный подход не требует введения ПАВ и дополнительного мономера в водной фазе, поскольку целлюлоза выступает одновременно в качестве стабилизатора и источника функциональных групп для полимерной сшивки в ходе реакции с изоцианатом [1]. Благодаря наличию шести гидроксильных групп на мономерное звено нанокристаллы целлюлозы выступают в качестве разветвлённого олиго-полиола с высокой функциональностью. Это приводит к образованию жесткой полиуретановой структуры из-за высокой плотности «твердых» доменов уретановых групп и отсутствия «мягких» полимерных сегментов в структуре НКЦ. При массовом содержании октадекана в масляной фазе 3,2 г, удельная величина запасаемой в НКЦ/ПУ капсулах тепловой энергии составила 79 Дж/г. В отличие от НКЦ, НФЦ имеет как кристаллические, так и аморфные сегменты в своей структуре, что позволило получить более эластичную оболочку. Дополнительная модификация поверхности НФЦ карбоксильными группами позволяет управлять адсорбцией НФЦ на границе раздела фаз путем варьирования ионной силы дисперсной среды: в водной среде НФЦ адсорбируется в виде отдельных фибрилл, а в 0,1 М растворе NaCl – в виде кластеров из-за уменьшения электростатического отталкивания. При последующей полимерной сшивке, добавление соли приводит к увеличению средней толщины оболочки капсул на 86%. При массовом содержании октадекана в масляной фазе 6,4 г, удельная величина запасаемой тепловой энергии составила 142 Дж/г [2].

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания № FSZE 2023-0005.*

**Литература**

1. D.V. Voronin, R.I. Mendgaziev, A.R. Sayfutdinova, M. Kugai, M.I. Rubtsova, K.A. Cherednichenko; D.G. Shchukin, V.A. Vinokurov. Phase-Change Microcapsules with a Stable Polyurethane Shell through the Direct Crosslinking of Cellulose Nanocrystals with Polyisocyanate at the Oil/Water Interface of Pickering Emulsion // Materials, 2023. Vol., 16. P. 1-18.

2. D.V. Voronin, N.E. Zaytseva, E.A. Sitmukhanova, K.A. Bardina, M.I. Rubtsova, K.A. Cherednichenko, A.A. Novikov, V.A. Vinokurov. Encapsulation of octadecane through crosslinking of cellulose nanofibrils at the interface of Pickering emulsion: Effect of ionic strength on cellulose assembly and capsule shell properties // Polymer, 2024. Vol. 30. P. 1-11.