

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА  
НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ****Пецух Г.Р. (ИТМО), Талибуллина К.И. (ИТМО), Подшивалов А.В. (ИТМО)  
Научный руководитель – кандидат химических наук, Подшивалов А.В.  
(ИТМО)**

**Введение.** За последнее десятилетие защита окружающей среды и устойчивое развитие полимерных композитов привлекли большое внимание исследователей и промышленности. В качестве возобновляемого и биоразлагаемого ресурса крахмал широко используется для получения биополимерных композитов, снижая затраты производства. Среди существующих полимерных композитов полимолочная кислота (ПМК) является перспективной матрицей, отличающейся хорошими механическими характеристиками и биоразлагаемостью. Биополимерные материалы выделяются повышенными показателями химической инертности и биосовместимости. Настоящее исследование уделяет большое внимание разработке состава полимеров, определяющих будущие характеристики биокаркасов, а также анализу и подбору способов их получения.

**Основная часть.** Методы, основанные на обработке полимеров различными растворителями, активно применяются, в частности, для изготовления изделий медицинского назначения [1]. Популярные техники включают растворение полимера в отобранном органическом растворителе, его смешивание с наполнителем для образования композитной матрицы, и, наконец, удаление растворителя. Растворные методы активно востребованы в научно-исследовательском сообществе благодаря технологической простоте и отсутствию необходимости в закупке дорогостоящего оборудования. Согласно опубликованным научным трудам, подтверждается, что благодаря повышенным значениям биорезорбции полисахариды являются подходящей высокомолекулярной основой для различных клинических испытаний [2]. В недавней работе были разработаны самосуспендированные жидкости, состоящие из модифицированного крахмала в качестве ядра и замещённых полиэтиленгликолем (PEG) третичных аминов в качестве оболочки, которые были впервые изготовлены с помощью комбинированной реакции карбоксиметилирования и ацилирования [3]. Полученные жидкости были включены в матрицу ПМК для синтеза биорезорбируемых каркасов. Гранулы полимера были предварительно растворены в хлороформе при комнатной температуре. При загрузке крахмала 10 масс. % жидкости продемонстрировали одновременное улучшение удлинения при разрыве (на 164,7%) и теплопроводности (на 119%) композитов по сравнению с чистым полимером, что объясняется хорошими свойствами дисперсии и теплопередачи крахмальных жидкостей. Диапазоны модуля Юнга составили 400÷1800 МПа; прочности на разрыв 9÷36 МПа; удлинения при разрыве 1,5÷18 %. Одним из распространенных биополимеров является крахмал. Для получения карбоксиметилкрахмала (КМК), отличающегося повышенной химической активностью, в данной работе были растворены 4 г крахмала маниоки в водном растворе изопропанола, затем добавлены 50 мл раствора NaOH, а также различные количества монохлоруксусной кислоты (2, 2,5 и 3 г). Методом прямого титрования была определена степень замещения КМК (0,15÷0,34), а также рассчитана характеристическая вязкость по формуле Марка-Куна-Хаувинка (53,8÷61,7 мл/г). Предполагается, что внедрение КМК с улучшенной химической активностью будет способствовать функционализации поверхности полимерной матрицы, что улучшит физико-химические характеристики биокаркасов и повысит потенциал их клинических исследований.

**Выводы.** Благодаря своим уникальным свойствам полимерные каркасы привлекли большое внимание в биоинженерии. В настоящее время проявляется необходимость применения стратегий, требуемых для получения многофункциональных имплантатов для узконаправленных медицинских целей [4]. Ожидается, что новые растворные методы

изготовления биополимерных каркасов позволят создавать индивидуальные решения для пациентов с точной морфологией, способствующей ускорению интеграции тканей и васкуляризации. Представленные полимерные системы обладают тенденцией к повышению характеристик биорезорбции по сравнению с известными на рынке продуктами нефтехимической промышленности.

#### **Список использованных источников:**

1. Yang Y. et al. Formation of porous PLGA scaffolds by a combining method of thermally induced phase separation and porogen leaching // *Journal of applied polymer science*. – 2008. – Т. 109. – №. 2. – С. 1232-1241.

2. Ravoor J., Karuppan D., Elsen S. R. Binder optimization for extrusion based 3D printing of hydroxyapatite materials using different polymeric binders // *Materials Today: Proceedings*. – 2023.

3. Yu Q. et al. Self-suspended starch fluids for simultaneously optimized toughness, electrical conductivity, and thermal conductivity of polylactic acid composite // *Composites Science and Technology*. – 2019. – Т. 169. – С. 76-85.

4. Iranmanesh P. et al. Bioprinting of three-dimensional scaffold based on alginate-gelatin as soft and hard tissue regeneration // *Journal of Materials Research and Technology*. – 2021. – Т. 14. – С. 2853-2864.