

- high-temperature calcination of electrospun zirconium acetylacetonate/yttrium nitrate/polyacrylonitrile fibers // *Fibers*. – 2019. – V. 7. – No 10. – P. 82.
2. Головин Ю.И., Тюрин А.И., Асланян Э.Г., Пирожкова Т.С., Васюков В.М. Физико-механические свойства и микромеханизмы локального деформирования материалов с различной зависимостью твердости от глубины отпечатка // *Физика твердого тела*. – 2017. – Т. 59. – № 9. – С. 1778-1786.
  3. Головин Ю.И., Тюрин А.И., Асланян Э.Г., Пирожкова Т.С., Воробьев М.О. Локальные физико-механические свойства материалов для проведения калибровки наноиндентометров // *Измерительная техника*. – 2016. – № 9. – С. 7-10.
  4. Головин Ю.И., Иволгин В.И., Коренков В.В., Тюрин А.И. Динамическое наноиндентирование как метод исследования и характеристики механических свойств материалов в наноразмерном диапазоне // *Нанотехника*. – 2004. – N 1. – С. 76-78.
  5. Головин Ю.И., Тюрин А.И. Современные проблемы нано- и микротвердости твердых тел // *Материаловедение*. – 2001. – № 1. – С. 14.
  6. G. Gazquez, H. Chen, A. Veldhuis et al. Flexible Yttrium-Stabilized Zirconia Nanofibers Offer Bioactive Cues for Osteogenic Differentiation of Human Mesenchymal Stromal Cells // *ACS Nano*. – 2016. – V. 10. – P. 5789–5799.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

*ТЯНЬ ДЭФАН, ЧЖАН ТЭНСИ, А.А КОНДРАТЮК*

Томский политехнический университет

E-mail: [1132076105@qq.com](mailto:1132076105@qq.com)

Композиционные материалы являются новым классом материалов получившими широкое применение в течение последних десятилетий в связи с тем, что их используют как конструкционные материалы при эксплуатации узлов машин и элементов механизмов в тяжелых условиях. К ним можно отнести сверхнизкие и повышенные температуры, наличие агрессивных сред, фактор радиационного воздействия, сухой абразивный износ и так далее.

Особое внимание к данным композитам, в частности, на полимерной основе позволяющей резко снизить их вес, проявляют разработчики самолетов и ракетно-космической техники. Все начиналось с тривиального армирования полимеров углеродными нитями и постепенно перешло к использованию в качестве наполнителей – модификаторов нового класса материалов-углеродных нанотрубок [1].

О актуальности работ в этом направлении говорит тот факт, что авторы данной технологии стали лауреатами Государственной премии Р.Ф. в области науки и технологии, за создание основ мировой индустрии производства углеродных нанотрубок. Использование в роли матричного материала сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) обладающего рядом особых положительных свойств позволяет разработать новые полимерные композиционные материалы (ПКМ) применение которых является весьма перспективным [2].

К новизне представленной в данной работе относится то что используемые нанотрубки получены не путем химического синтеза а пиролизом органического растительного сырья (мох сфагнум). Использовались два различных технологических режима, и полученные нанотрубки обозначены как УНТ-1 и УНТ-2.

С целью повышения корректности получаемых экспериментальных данных все работы проводились на едином оборудовании в следующей технологической последовательности.

Полученные в результате пиролиза агломераты полуфабриката углеродных наноразмерных трубок (УНТ) предварительно измельчались до дисперсности от 2 до 4 миллиметров. Далее шёл процесс их дезинтеграции до наноразмерных величин, который реализовывался на установке планетарная мельница «Активатор – 2SL».

Следующим этапом подготовки порошковой композиции было получение гомогенизированной смеси порошка матрицы СВМПЭ и модификатора УНТ на установке «С 2.0.», в течении 1,5 часов. Соотношение компонентов композитов (модификатор - матричный материал) задавался в интервале от 1 до 15%. Далее методом горячего прессования по отработанной технологии (давление- температура-время) были сформованы заготовки ПКМ, из которых изготавливались образцы по ГОСТу 11262-80 [3]. Эти образцы исследовались в процессе растяжения на испытательной машине «Instron» модель 5582.

Результаты полученных значений предельной прочности приведены на рисунках 1 и 2, из анализа которых видно, что применение модификатора УНТ-2 даёт эффект получения большей прочности полимерного композита, при меньшем его используемом количестве.

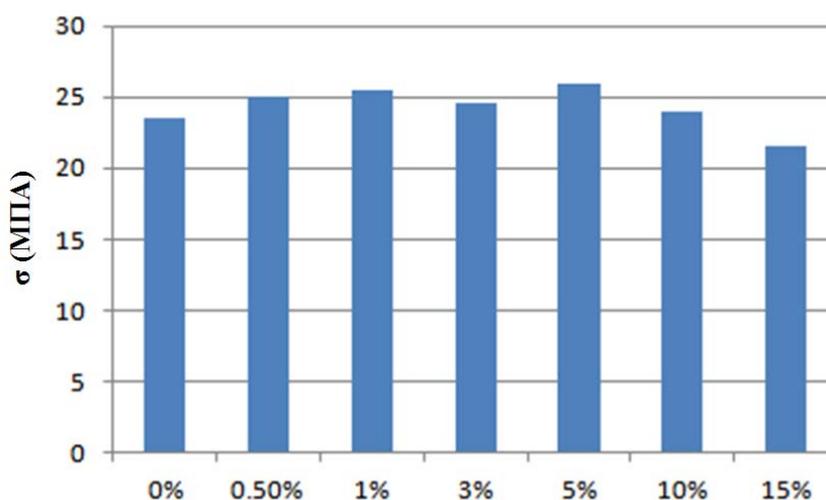


Рисунок 1- Прочность на растяжение  $\sigma$  образцов с различным содержанием УНТ-1

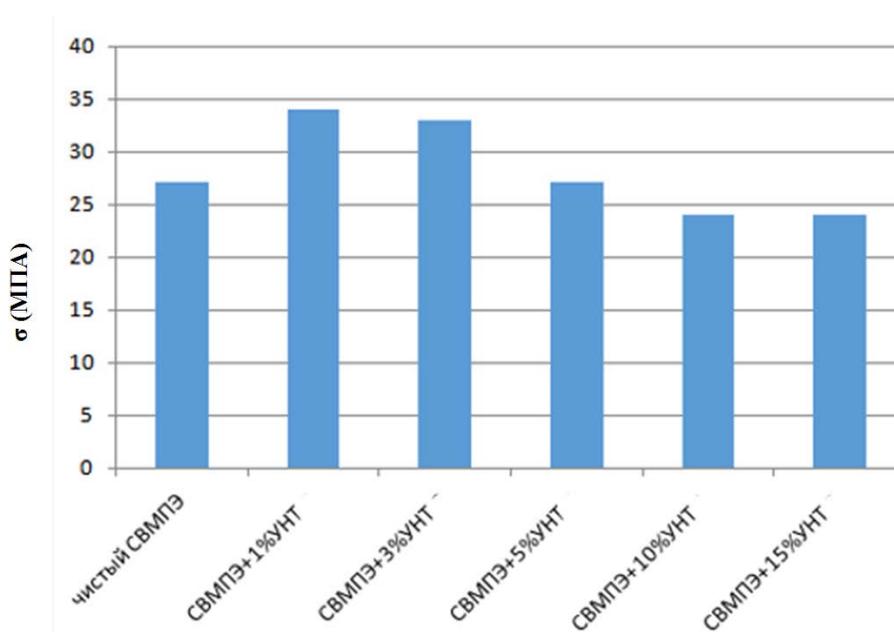


Рисунок 2- Прочность на растяжение  $\sigma$  образцов с различным содержанием УНТ-2

Очевидно, что режимы процесса пиролиза (температура и время) значительно влияют на характеристики наполнителей - модификаторов, что в свою очередь приводит к получению ПКМ с отличающимися прочностными свойствами.

#### Список литературы

1. Батаев А.А., Батаев В.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002.-384 с.
2. Андреева И.Н., Веселовский Е. В., Наливайко Е.И. и др. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности./ Под ред. И.И Андреевой.- Л.: Химия, 1982,-80с
3. Кондратюк А.А., Клопотов А.А., Муленков А.Н . и др. // Изв. вузов. Физика. – 2012. – № 5/2. – С.151-155.

### ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ АРЕНДИАЗОНИЕВОЙ СОЛЮ НА СМАЧИВАЕМОСТЬ И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОТКЛИК БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МАТРИКСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-3-ОКСИБУТИРАТА

*Р.В. ЧЕРНОЗЕМ<sup>1,2</sup>, О.А. ГУСЕЛЬНИКОВА<sup>1</sup>, М.А. СУРМЕНЕВА<sup>1</sup>, А.Г. СКИРТА<sup>2</sup>,  
П.С. ПОСТНИКОВ<sup>1</sup>, Р.А. СУРМЕНЕВ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия

<sup>2</sup> Гентский университет, Бельгия

E-mail: [rsurmenev@mail.ru](mailto:rsurmenev@mail.ru)

**Введение.** Для инженерии различных типов тканей в последние годы уделяется особое внимание получению новых “умных” биосовместимых 3-Д скэффолдов, которые способны обеспечить электромеханическую стимуляцию клеток/тканей и биоразлагаются, что позволяет избежать повторного хирургического вмешательства [1]. Задача разработки биоразлагаемых электроактивных материалов является актуальной.

Среди известных биоразлагаемых полиоксиканоатов (ПОА), выделяется поли-3-оксибутират (ПОБ), который обладает пьезоэлектрическим откликом из-за своей нецентросимметричной кристаллической структуры [2]. Благодаря пьезоэлектрическим свойствам, ПОБ способен преобразовывать механическую энергию в электрическую и наоборот, что является важным свойством для регенеративной тканевой инженерии. Однако, при этом 3-Д ПОБ матриксы обладают гидрофобной поверхностью, которая существенно ограничивает их широкое клиническое применение [2].

Для улучшения смачиваемости 3-Д ПОБ матриксов их поверхность может быть ковалентно функционализирована мономолекулярной гидрофильной группой с помощью арендиазониевой соли. Предложенный подход не оказывает существенного воздействия на поверхность полимерных материалов [3], что имеет важное значение для сохранения морфологии волокон 3-Д матриксов, обеспечивающей эффективную адгезию/пролиферацию клеток и циркуляцию питательных/метаболических веществ. Однако, для успешного применения 3-Д матриксов необходимо оценить влияние данной функционализации поверхности на пьезоэлектрические свойства ПОБ. Например, другие хорошо известные методы повышения биоактивности и улучшения смачиваемости, как покрытия или нанодобавки на основе кальций-фосфатной керамики или карбоната кальция, приводят к изменению морфологии и значительному ухудшению пьезоэлектрических свойств матриксов [2]. Таким образом, цель данной работы заключается в изучении влияния функционализации поверхности волокон арендиазоний тозилатом на смачиваемость и эффективный пьезоэлектрический отклик биоразлагаемых 3-Д скэффолдов на основе ПОБ для регенеративной тканевой инженерии.