

2. Биомасса как источник энергии. – М.: Мир, 1985. – 368с.
3. Эдер Б. Биогазовые установки: прак. Пособ / Б. Эдер, Х.Шульц // Zorg Biogas, 2011. – 286с.
4. Биотехнология: Учеб. Пособие для вузов. В 8 кн. / Под ред. Н.С. Егорова, В.Д. Самуилова. Кн. 1: Проблемы и перспективы / Н.С. Егоров, А.В. Олескин, В.Д. Самуилов. - М.: Наук, думка, 1989.
5. Голубев Л.Г., Князева А.В., Ахметшин Р.Р. Альтернативное газообразное топливо из отходов// Ресурсоэффективность – 2005. – №1. С. 53-55

УДК 54.064

**В.И. Литвинова, Н.И. Лапекин, В.В. Головахин, А.Г. Баннов**  
Новосибирский государственный технический университет  
Новосибирск, Россия

## **ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

*Аннотация.* Работа посвящена модификации наноструктурных углеродных материалов способом химической функционализации, в частности, окислением. В результате работы были получены сенсоры на основе химически модифицированных многостенных углеродных нанотрубок.

**V.I. Litvinova, N.I. Lapekin, V.V. Golovakhin, A.G. Bannov**  
Novosibirsk State Technical University  
Novosibirsk, Russia

## **FUNCTIONALIZATION OF MULTI-WALL CARBON NANOTUBES AND THEIR APPLICATIONS**

*Abstract.* The work is devoted to the modification of nanostructured carbon materials by chemical functionalization, in particular, by oxidation. As a result of the work, sensors based on chemically modified multi-walled carbon nanotubes were obtained.

Модификация многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) и углеродных нановолокон (УНВ) является перспективным направлением в области химической промышленности. Так, например, различные функциональные группы в составе углеродных наноматериалов расширяют сферы их применения: от биоэлектроники

и разработки суперконденсаторов высокой ёмкости до узкоселективных газовых сенсоров.

Одним из способов модификации наноструктурных углеродных материалов является химическая функционализация. Один из распространённых способов – окисление. В результате такой обработки в поверхностном слое материала формируются кислородсодержащие функциональные группы. Наибольший интерес представляют окислительные процессы с получением карбоксильных групп в составе углеродных нанотрубок (УНТ) с использованием азотной кислоты при повышенной температуре, а также процессы амидирования УНТ с использованием поли пара-фенилендиамина (п-ПФДА), полианилина (ПАНИ) и т. д. [1].

В частности, азотсодержащие группы – амидные и аминные – обеспечивают наилучшее взаимодействие углеродных нанотрубок с эпоксидными полимерами, нейлоном, полиамидами. Композиционные материалы, состоящие из полимеров, а также армированные функционализированными УНТ, показывают лучшую износостойкость, более высокую твердость, прочность и гибкость. Причем эффект более заметен, чем в системе с применением карбоксилированных УНТ [2].

Применение подобных материалов в газовой сенсорике обеспечивает лучшую чувствительность к диоксиду азота в сравнении с исходными МУНТ.

В данной работе были получены сенсоры на основе химически модифицированных МУНТ. Активный слой сенсоров был нанесен на диэлектрическую подложку с медными контактами методом «drop casting». Суспензия была приготовлена путем диспергирования в растворе этанола в ультразвуковой ванне мощностью 85 Вт и частотой 22 кГц в течение 20 мин.

Исследования свойств сенсоров проводили в установке динамического типа. Установка включает каналы подачи аналитов и газа-носителя. В качестве газа-носителя использовался синтетический воздух, содержащий 21% O<sub>2</sub>, 79% N<sub>2</sub> (об. %). Смесь диоксида азота (5000 ppm NO<sub>2</sub> в воздухе) и аммиака (5000 ppm NH<sub>3</sub> в воздухе) использовались в качестве модельных газов для донорно-акцепторного взаимодействия с МУНТ.

В ходе проведённой работы было установлено, что функционализированные МУНТ показывают лучший отклик, чувствительность, а также показывают более высокую селективность к ряду газов, в частности к NO<sub>2</sub> в диапазоне 10-50 ppm.

## Список использованных источников

1. Baibarac, M., Daescu, M., Matei, E., Nastac, D., Cramariuc O. Optical Properties of Composites Based on Poly(o-phenylenediamine), Poly(vinylene fluoride) and Double-Wall Carbon Nanotubes [Text] / M. Baibarac, M. Daescu, E. Matei, D. Nastac, O. Cramariuc // J. Mol. Sci. 2021, 22, 8260. [https:// doi.org/10.3390/ijms22158260](https://doi.org/10.3390/ijms22158260).
2. Yang, W.; Zhou, H.; Huang, Z.; Li, H.; Fu, C.; Chen, L.; Li, M.; Liu, S.; Kuang, Y. In situ growth of single-stranded like poly(o-phenylenediamine) onto graphene for high performance supercapacitors [Text] / W. Yang, H. Zhou, Z. Huang, H. Li, C. Fu, I. Chen, M. Li, S. Liu, Y. Kuang // Electrochim. Acta 2017, V. 245, P. 41–50.

УДК 004.9

**А.А. Михальченко**

Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь

## ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЭТ-БУТЫЛОК ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

*Аннотация.* В последнее время вопрос переработки пластика стал одним из важнейших вопросов охраны окружающей среды. Полимерные материалы нашли применение во многих областях повседневной жизни и промышленности. Перспектива повторного использования полимерных материалов дает возможность эффективно использовать отходы для получения расходных материалов.

**A.A. Mikhalchenko**

Belarusian State University of Transport  
Gomel, Belarus

## REUSE OF PET BOTTLES FOR 3D PRINTING

*Abstract.* Recently, the issue of plastic recycling has become one of the most important issues of environmental protection. Polymer materials have found application in many areas of everyday life and industry. The prospect of reuse of polymer materials makes it possible to effectively use waste to obtain consumables.

**Введение.** Рынок 3D-печати является хорошо развивающимся направлением. Пригодные для печати филаменты могут быть