

## Carbon nanoplatforms for drug delivery in oncotherapy

Nanomaterials possess unique optical, magnetic and electrical properties, which stimulates their wide research in various fields of science. Of particular interest is the use of nanomaterials in biomedical applications such as molecular imaging, tissue engineering, biosensors and targeted drug delivery systems. The application of innovative solutions related to targeted drug delivery is very promising for successful treatment of cancer. The aim of this project is to design carbon nanocarriers that can safely and effectively deliver anticancer agents to diseased tissues.

Cancer is a group of many different diseases in which some cells grow uncontrollably and spread to other parts of the body. Cancer is currently one of the most frequent causes of death in the world. Commonly used cytostatics cause several toxic side effects that can be mitigated by using nanocarriers in cancer treatment. The application of nanoparticles in cancer therapy makes it possible to selectively target the tumor without adversely affecting the surrounding tissues. What is more, appropriate manipulations with the size and surface properties of nanomaterials make it possible to create a system

Fig. 1. Schematic of modification of carbon nanotubes and doxorubicin adsorption.

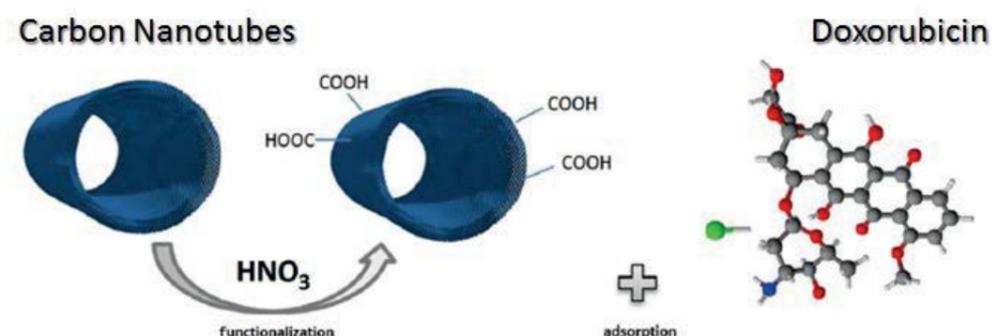


Рис. 1. Схема модификации углеродных нанотрубок и адсорбции на них доксорубина.

## Углеродные наноплатформы для доставки лекарств

Нanomaterialы обладают уникальными оптическими, магнитными и электрическими свойствами, что стимулирует их широкое исследование в различных научных областях. Особенно интересным представляется использование наноматериалов в биомедицинских приложениях, таких как молекулярная визуализация, тканевая инженерия, биосенсоры и системы адресной доставки лекарств. Применение инновационных решений, связанных с адресной доставкой лекарств, очень перспективно для успешного лечения онкологических заболеваний. Целью настоящих исследований является создание углеродных наноносителей, которые могут безопасно и эффективно доставлять противораковые агенты к пораженным тканям.

Рак — это группа различных заболеваний, при которых некоторые клетки бесконтрольно растут и распространяются на другие части тела. Сегодня рак — одна из самых частых причин смерти в мире. Обычно используемые цитостатики вызывают ряд побочных токсических эффектов, которые можно уменьшить, используя так называемые наноносители лекарств. Применение наночастиц в терапии рака позволяет избирательно попадать в опухоль без негативного воздействия на окружающие ткани. Более того, соответствующие манипуляции с размером и свойствами поверхности частиц позволяют создавать системы, которые могут высвобождать лекарство контролируемым образом. В рамках настоящих исследований исследуются углерод-

that can release a drug in a controlled way. Within the framework of the project, carbon nanomaterials (carbon nanotubes, activated carbon and carbon fibers) were studied as carriers of the anticancer drug doxorubicin. These carbon matrices were also oxidized to optimize the adsorption and release process compared to pristine carbon nanomaterials.

To describe the properties of nanocarriers, adsorption/desorption mechanisms and interactions between the anticancer drug and surface of modified and pristine carbon nanomaterials, experimental techniques (scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, UV-visible spectroscopy, Fourier-transform infrared spectroscopy,

Raman spectroscopy, energy-dispersive spectroscopy, thermogravimetry, differential scanning calorimetry, X-rays) and simulation methods (Molecular dynamics) were used.

Based on the obtained results, it could be concluded that: surface modification increases the adsorption capacity of carbon materials; drug adsorption on modified carbon nanomaterials depends on both the types of adsorbent and adsorbate; the release process is effective at acidic pH, and at neutral pH, no release process occurs; the mechanism of adsorption and release processes of the drug from the hydrophobic surface of carbon nanomaterials can be determined by using kinetics models.

Fig. 2. SEM images of modified a) carbon nanotubes b) activated carbon and c) carbon fibers with adsorbed doxorubicin.

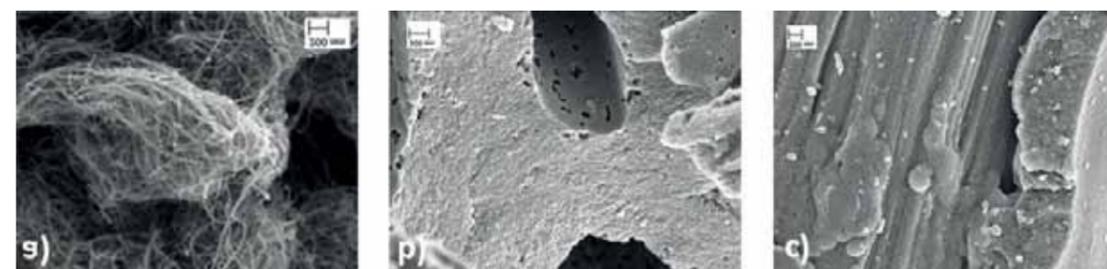


Рис. 2. Изображения со сканирующего электронного микроскопа (SEM) модифицированных а) углеродных нанотрубок и б) активированного угля, а также в) углеродных волокон с адсорбированным доксорубином.

ные наноматериалы (углеродные нанотрубки, активированный уголь и углеродные волокна) в качестве носителей противоопухолевого препарата доксорубин. Для оптимизации процесса адсорбции и высвобождения лекарства углеродные носители окисляются.

Для описания свойств наноносителей, механизмов адсорбции/десорбции и взаимодействия между противоопухолевым препаратом и поверхностью начальных и модифицированных углеродных наночастиц, использовались различные экспериментальные методы (сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, УФ-видимая спектроскопия, инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье, спектроскопия комбинационного рассеяния света, энергодисперсионная

спектроскопия, термогравиметрия, дифференциальная сканирующая калориметрия, рентгеновское рассеяние) и методы моделирования (молекулярная динамика).

На основании полученных результатов показано, что: модификация поверхности посредством окисления увеличивает адсорбционную способность углеродных материалов; адсорбция лекарства на модифицированных углеродных наноматериалах зависит как от типа адсорбента, так и от адсорбирующего агента; процесс высвобождения эффективен в кислых средах, в то время как в нейтральной среде он подавляется. Механизм процессов адсорбции и высвобождения лекарства с гидрофобной поверхности углеродных наночастиц можно определить с помощью кинетических моделей.