

# **Perspektywy zastosowania nanorurek węglowych w medycynie**

## **The perspective of the application of carbon nanotubes in medicine**

Anna Pietrasz\*, Henryk Różański\*

\*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Pigionia w Krośnie, ul. Dmochowskiego 12, 38-400 Krosno

---

**Słowa kluczowe:** nanorurki węglowe, leki antynowotworowe, biosensory

**Keywords:** carbon nanotubes, anticancer drugs, biosensors

---

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono dwie perspektywy zastosowania nanorurek węglowych w medycynie: jako nośnik leków antynowotworowych w chemioterapii miejscowej oraz do produkcji biosensorów, którymi można badać poziom glukozy we krwi.

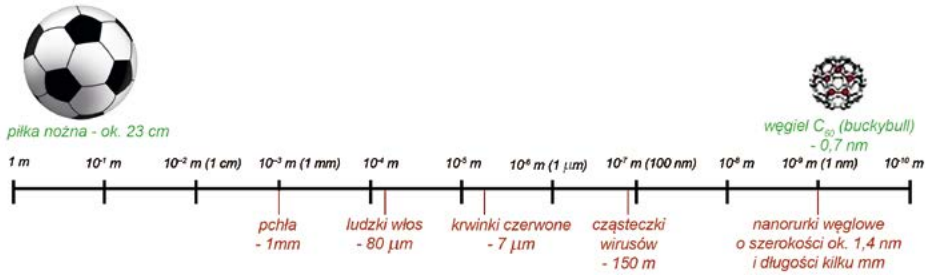
### **Summary**

The aim of the work is to describe two prospects of using carbon nanotubes in medicine: as the carrier of anticancer drugs in chemotherapy and for the production of biosensors, which it is possible to explore the blood-glucose level.

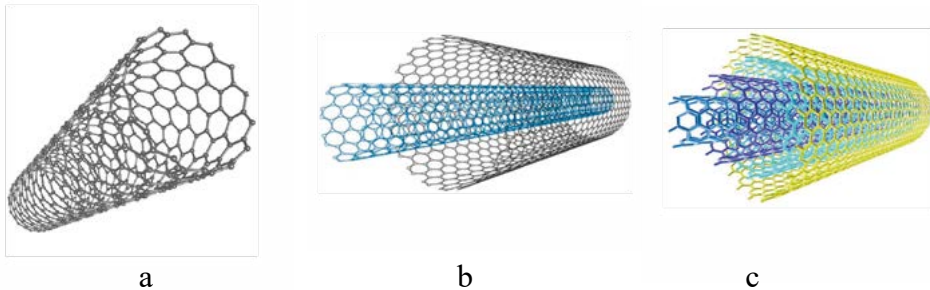
Nanotechnologia jest obecnie najbardziej rozwijającą się interdyscyplinarną dziedziną nauki, która łączy kilka dziedzin, takich jak: chemia, biologia, biotechnologia, fizyka, medycyna, farmacja, inżynieria oraz informatyka. Nanomateriały posiadają nowe, wyjątkowe właściwości, inne od materiałów w skali mikro [1,2,3]. Między innymi takimi nanostrukturami są nanorurki węglowe (carbon nanotubes – CNTs), które są alotropową odmianą węgla. Porównując ich rozmiar do włosa ludzkiego są około 10 tysięcy razy cieńsze (Rysunek 1).

Nanorurki węglowe zbudowane są z pojedynczych lub wielowarstwowych grafenowych płaszczyzn. Pod względem budowy wyróżniamy trzy rodzaje nanorurek węglowych:

- jednościenne – SWCNT (single-walled carbon nanotubes),
- dwuścienne – DWCNT (double-walled carbon nanotubes),
- wielościenne – MWCNT (multi-walled carbon nanotubes).



Rysunek 1. Porównanie rozmiarów wybranych obiektów [4]

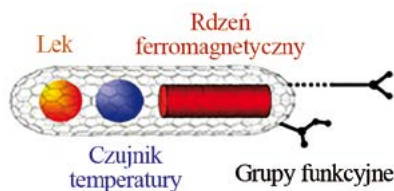


Rysunek 2. Podstawowe modele nanorurek węglowych: a – jednościenne, b – dwuścienne, c – wielościenne [5]

Jednościenne nanorurki węglowe zostały odkryte przez S. Iijmę i D. Bethune'a. Są to bezszwowe cylindry zbudowane z pojedynczej płaszczyzny grafenowej, o rozmieszczeniu heksagonalnym (Rysunek 2a). Średnica SWCNT mieści się w zakresie 0,4–3 nm, a długość ma miarę rzędu kilku mikrometrów. Dwu- i wielościenne nanorurki węglowe są zbudowane z dwóch lub więcej zwiniętych współosiowo płaszczyzn grafenowych. Średnica zewnętrzna nanorurek wynosi 4–30 nm, wewnętrzna 0,4 nm, długość do około 1 mikrometra [6].

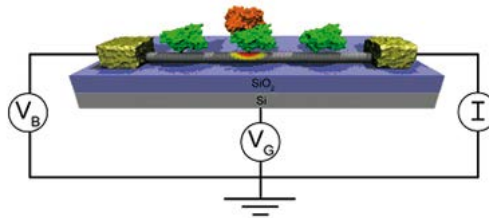
W nanorurkach węglowych występuje delokalizacja elektronów oraz zmiana gęstości stanów elektronowych. Właściwości elektronowe CNTs mają ogromne znaczenie dla ich zastosowań w różnorodnych gałęziach przemysłu: chemicznego, elektronicznego, spożywczego, włókienniczego, jak również w farmacji, medycynie, budownictwie, rolnictwie, lotnictwie oraz obronności [1,2,3].

W niniejszej pracy przedstawiono perspektywy zastosowania nanorurek węglowych w medycynie. Nanorurki węglowe mogą być zastosowane jako nośnik leków antynowotworowych. Możliwość zastosowania ich do miejscowej chemioterapii, tj. terapii kierowanej, daje ich pusta wewnętrzna przestrzeń [7,8]. Obecne leki stosowane do „niszczenia” komórek nowotworowych w trakcie chemioterapii, oddziałują także na zdrowe komórki powodując ich uszkodzenie. Założeniem terapii kierowanej jest dostarczenie oraz uwolnienie środka leczniczego dokładnie do komórek nowotworowych. Podstawową zaletą terapii kierunkowej jest zastosowanie dokładnej dawki leku, która jest w stanie zwalczyć komórki nowotworowe, nie powodując skutków ubocznych. Ze względu na strukturę, nanorurki węglowe są obojętne dla organizmu, nie powodują jego reakcji obronnej. Przeszkodą może być ich silny charakter hydrofobowy, co sprzyja agregacji i w konsekwencji mogą być kumulowane w organizmie. Funkcjonalizując powierzchnię nanorurek węglowych możemy nadać im charakter hydrofilowy, dzięki któremu będą mogły być użyte do wyżej wymienionej terapii. Wprowadzenie leku do wnętrza nanorurek węglowych nie jest wystarczające, żeby móc zastosować je do miejscowej chemioterapii. Wymagane jest nadanie im takich właściwości, które będą kierować je do komórek nowotworowych i uwalniać substancję leczniczą dokładnie w miejscu „chorych” komórek. Istnieją dwie możliwości przeprowadzenia tej czynności. Pierwsza polega na wypełnieniu nanorurek węglowych rdzeniem ferromagnetycznym, który za pomocą pola magnetycznego doprowadzi je w miejsce komórek nowotworowych. Natomiast drugą możliwością jest stworzenie na końcu nanorurki węglowej „zamknięcia”, które będzie oddziaływać na inne pH występujące wewnątrz komórek nowotworowych lub będzie reagować na podwyższoną temperaturę (ogrzać wybrany obszar w celu uwolnienia leku). Schemat nośnika leków na podstawie nanorurek węglowych przedstawiono na Rysunku 3.



**Rysunek 3.** Schemat nośnika leków w terapii kierowanej [7]

Obiecującą perspektywą zastosowania nanorurek węglowych w medycynie może być produkcja biosensorów, które mogą wyszukiwać określone ściśle cząsteczki [9]. Aby stworzyć taki sensor należy sfunkcjonalizować powierzchnie nanorurek węglowych enzymami czułymi na określoną substancję. Takie podejście umożliwia stworzenie czujnika, który będzie pokazywał w sposób ciągły poziom glukozy we krwi. Przewodność nanorurek węglowych zmienia się wraz z przyłączaniem grup funkcyjnych. Związanie kolejnej cząsteczki cukru za pomocą enzymu będzie zmieniać przewodność całego układu.



**Rysunek 4.** Schemat biosensora opartego na jednościennej nanorurce węglowej [9]

Detektor tego typu może być umieszczony w organizmie ze względu na nanometryczny rozmiar. Ponadto połączenie tego typu urządzenia z materiałami elektrochromowymi umożliwi wytworzenie inteligentnej soczewki, która będzie monitorować poziom cukru za pomocą koloru. Schemat biosensora na podstawie nanorurki węglowej przedstawiono na Rysunku 4 a prototyp soczewki wskazującej poziom cukru na Rysunku 5.



**Rysunek 5.** Prototyp soczewki mierzącej poziom cukru [9]

### Literatura

- [1] Robert W., Kelsall R.W., Hamley I.W., Georhegan M. (red.), tłum.: Kurzydłowski K., Nanotechnologie, PWN, Warszawa, 2009.
- [2] Cademartiri L., Ozin G.A., tłum: Kłonkowski A.M., Nanochemia. Podstawowe Konceptcje, PWN, Warszawa 2011.
- [3] Pietrasz A., Zastosowanie nanorurek węglowych w medycynie, w: Wawer I., Trziszka T. (red.), Ziółolecznictwo, biokosmetyki i żywność funkcjonalna. Materiały naukowe I Międzynarodowej Konferencji „Ziółolecznictwo, biokosmetyki i żywność funkcjonalna”, Krosno 18–19 kwietnia 2013, s. 57.
- [4] <http://bmpolska.com/popupimage.php?file=nano1.jpg>, styczeń 2016.
- [5] <http://www.intechopen.com/books/carbon-nanotubes-polymer-nanocomposites/polymer-carbon-nanotube-nanocomposites>, styczeń 2016.
- [6] Fujiwara A., Iijima R., Suematsu H., Katsura H., Maniwa Y., Suzuki S., Achiba Y., Local electronic transport through a junction of SWNT bundles, *Physica*, 2002, B 323, s. 227–229.
- [7] Bianco A., Kostarelos K., Prato M., Applications of carbon nanotubes in drug delivery, *Current Opinion in Chemical Biology*, 2005, 9, 6, s. 674–679.
- [8] Liu Z., Chen K., Davis C., Sherlock S., Cao Q., Chen X., Dai H., Drug delivery with carbon nanotubes for in vivo cancer treatment, *Cancer Research*, 2008, 68(16), s. 6652–6660.
- [9] Wang J., Carbon-nanotube based electrochemical biosensors: a review, *Electroanalysis*, 2004, 17, 1, s. 7–14.