

## **НАНОЧАСТИЦЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА**

**А.В. Кривошанка, Д.Н. Криворотко, Е.И. Медик, Д.С. Стародубцев**

**Харьковский национальный медицинский университет, Харьков, Украина**

## **NANOPARTICLES BASED ON CARBON**

**O.V. Kryvoshapka, D.N. Kryvorotko, Y.I. Medyk, D.S. Starodubtsev**

**Kharkiv National Medicine University, Kharkiv, Ukraine**

Некоторое время назад считалось, что углерод образует три аллотропных формы: – алмаз, графит и карбин. Начиная с 1990 года, когда два ученых Вольфганг Кретчмер и Дональд Хаффман со своими аспирантами, опубликовали в журнале статью, в которой описали метод получения фуллеренов испарением графитовых электродов в электрической дуге в атмосфере гелия, стало известно о четвертой аллотропной форме углерода, названной фуллереном. В литературе можно встретить термин «наноуглерод» (nanocarbon) для обозначения семейства, состоящего из различных типов фуллеренов, углеродных нанотрубок, нанографита, наноалмазов. И фуллерены, и нанотрубки представляют собой полые углеродные капсулы. Наиболее популярные и изученные фуллерены из 60 и 70 атомов углерода (C<sub>60</sub> и C<sub>70</sub>) похожи по форме на покрышку традиционного футбольного мяча и мяча для американского футбола, то есть их форма близка к сферической. Только диаметр этих мячей около 0,7 нанометров. Нанотрубки – по форме цилиндры, причем длина может в тысячи раз превышать диаметр, который также около 0,7 нанометров. Фуллерены с  $n < 60$  оказались неустойчивыми. Молекулы фуллеренов, в которых атомы углерода связаны между собой как одинарными, так и двойными связями, являются трехмерными аналогами ароматических структур. Обладая высокой электроотрицательностью, они выступают в химических реакциях как сильные окислители. Присоединяя к себе радикалы различной химической природы, фуллерены способны образовывать широкий класс химических соединений, обладающих различными физико-химическими свойствами. Присоединение к C<sub>60</sub> радикалов, содержащих металлы платиновой группы, позволяет получить ферромагнитные материалы на основе фуллерена. В настоящее время известно, что более трети элементов периодической таблицы могут быть помещены внутрь молекулы C<sub>60</sub>. Имеются сведения о внедрении атомов лантана, никеля, натрия, калия, рубидия, цезия, атомов редкоземельных элементов, таких как тербий, гадолиний и диспрозий. Разнообразие физико-химических и структурных свойств соединений на основе фуллеренов позволяет говорить о химии фуллеренов как о новом перспективном направлении органической химии. Фармакологические свойства фуллеренов и их производных. Сами по себе углеродные фуллерены как сильные окислители обладают цитотоксичностью, связанной с индукцией перекисного окисления липидов. Поэтому для создания фуллеренов с удовлетворительной

биосовместимостью необходимы их химические модификации. Маленький размер фуллеренов и возможность присоединения к ним лекарственных средств и других лигандов, придающих им органотропность, делает их весьма привлекательными для разработки нового типа лекарственных средств. Выявлено, что фуллереновое ядро обладает чрезвычайно высокой способностью улавливать свободные радикалы, что делает фуллерены перспективными в аспекте возможного применения при патологиях, связанных с повреждающим действием радикалов (при болезни Паркинсона, Альцгеймера или ишемии тканей). Показано, что фуллерены способны уменьшать апоптоз нейронов, индуцируемый радикалами кислорода. Ингибируя уровень радикалов кислорода, фуллерены могут оказывать противоаллергический эффект. Исследователи экспериментировали с тучными клетками человека и мышей. Эти клетки в больших количествах содержатся в лимфатических узлах, селезенке и костном мозге. При контакте с аллергенами они начинают активно вырабатывать гистамин – биологически активное вещество, участвующее в запуске аллергической реакции.

Молекулы фуллерена-60 обладают высоким сродством к электронам, а значит, должны активно связывать свободные радикалы, высокие уровни которых провоцируют развитие аллергического ответа. Таким образом, использование гидроксильных производных фуллеренов открывает новые возможности в борьбе с аллергией, а также, возможно, и с целым рядом воспалительных и аутоиммунных заболеваний. Обсуждается идея создания противораковых препаратов на основе водорастворимых эндоэдральных соединений фуллеренов (это молекулы фуллеренов, внутри которых помещен один или более атомов какого-либо элемента) с радиоактивными изотопами или соединениями для нейтронзахватной терапии (гадолиний, бор, висмут). Найдены условия синтеза противовирусных и противораковых препаратов на основе фуллеренов. Одна из трудностей при решении этих проблем – создания водорастворимых нетоксичных соединений фуллеренов, которые могли бы вводиться в организм человека и доставляться кровью в орган, подлежащий терапевтическому воздействию.