

Презентация по теме «Фуллерен, его свойства, производство и применение.»»

Презентацию подготовил
Ученик 9 «а» класса
Краснов Андрей
МОУ «СОШ № 94»
г. Саратов
Руководитель: Журавлева
Ольга Александровна

ОГЛАВЛЕНИЕ

Сведения о фуллерене.

История названия и открытия .

Соединения фуллерена.

Преимущества и свойства фуллерена.

Получение фуллеренов.

Применение фуллеренов. Фуллерен или С60 - лекарство будущего?!
Медицина с приставкой «нано».

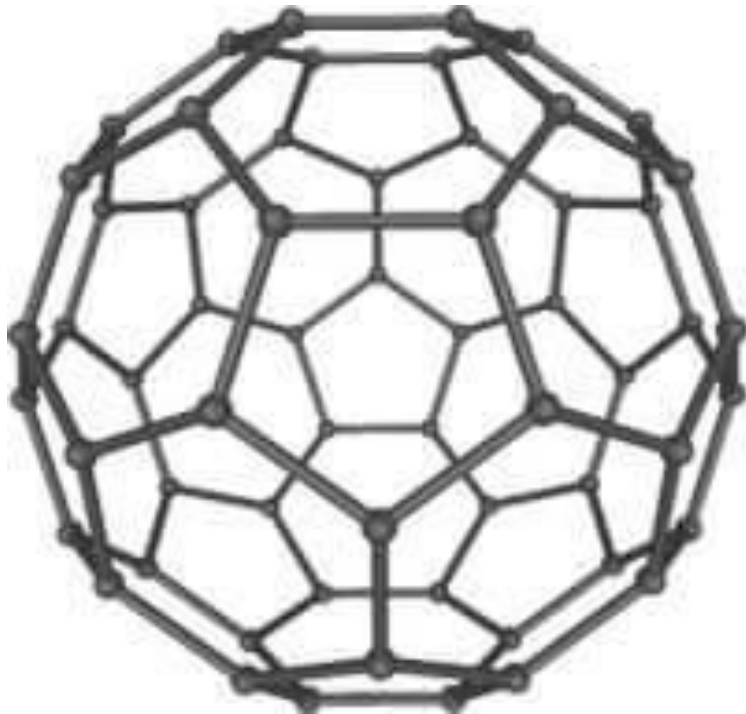
Список источников.

Интересный факты.

Сведения о фуллерене.



- **Фуллерен** — молекулярное соединение, принадлежащее к классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода. Уникальная структура фуллеренов обуславливает их уникальные физические и химические свойства.

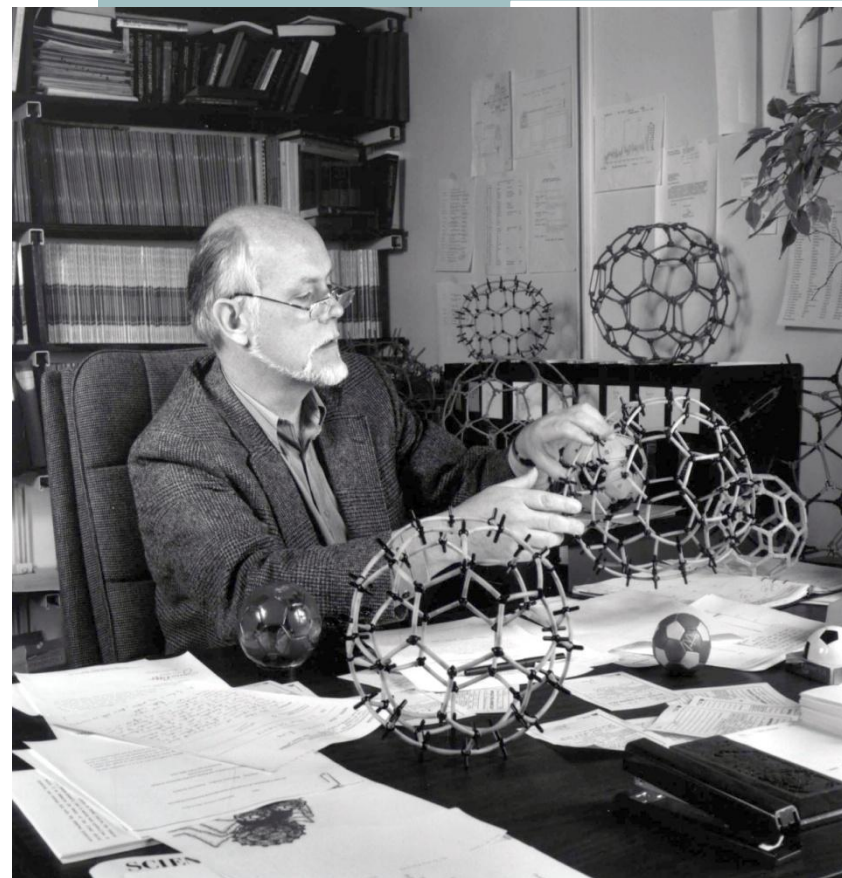
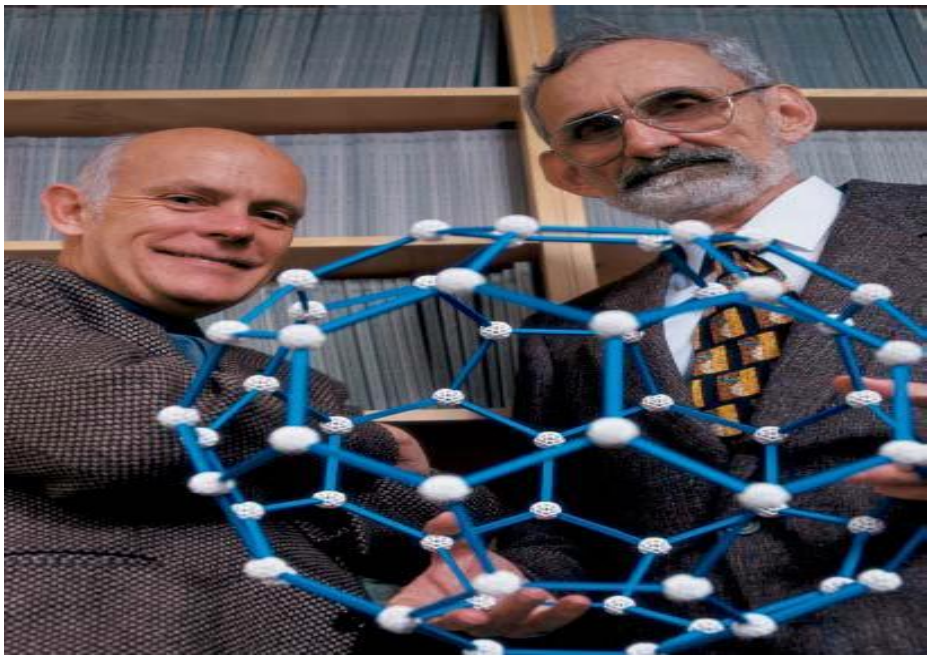


Фуллерен, бакибол, или букибол — молекулярное соединение, принадлежащее к классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.

История названия и открытия.



Как это часто бывает, открытие фуллеренов не стало результатом целенаправленного поиска. Основное направление работ в лаборатории Р. Смолли в Университете Райса (Техас), где в 1980-е годы было сделано открытие, связанное с исследованиями структуры металлических кластеров. Методика подобных исследований основана на измерении масс-спектров частиц, которые образуются в результате интенсивного воздействия лазерного излучения на поверхность исследуемого материала.



Ричард Смолли (6 июня 1943 г.- 28 октября 2005 г.)
Американский физик, в 1996 году вместе с **Робертом Кёрлом** и **Харольдом Крото** получил Нобелевскую премию за открытие новой формы углерода - фуллеренов. Университетский профессор Университета Райса, член НАН США.



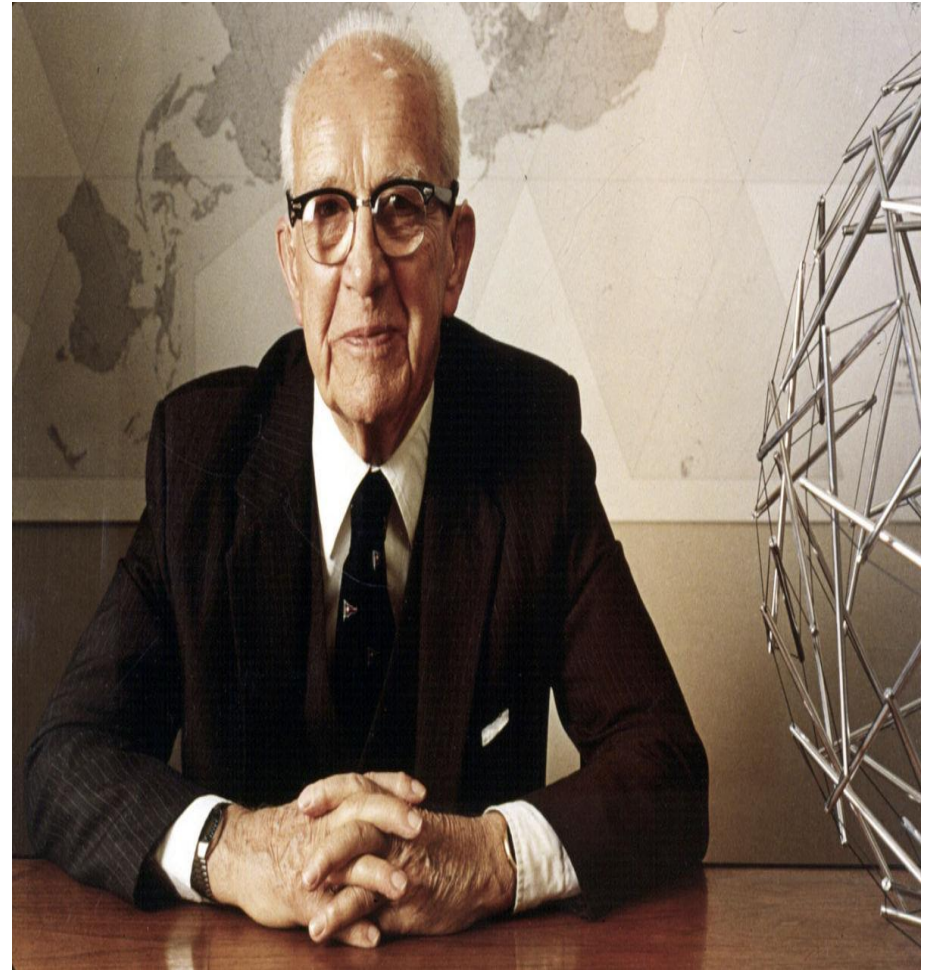
В сентябре 1985 года редакция журнала Nature получила статью с заголовком «C₆₀: Buckminsterfullerene». Молекула фуллерена в этой статье изображена с помощью футбольного мяча (см. изображение), — видимо, у авторов просто не было времени на постройку понятной атомарной модели.

Почему авторы предположили, что полученная молекула C₆₀ представляет собой именно замкнутую сферу, а не цепочку? Это связано в том числе с тем, что природа «любит» симметричные структуры, а усеченный икосаэдр (форма футбольного мяча) имеет высшую симметрию. Крото писал: «Помню, я думал о том, что такая форма молекулы настолько прекрасна, что должна быть верной».

Fig. 1 A football (in the United States, a soccerball) on Texas grass. The C₆₀ molecule featured in this letter is suggested to have the truncated icosahedral structure formed by replacing each vertex on the seams of such a ball by a carbon atom.

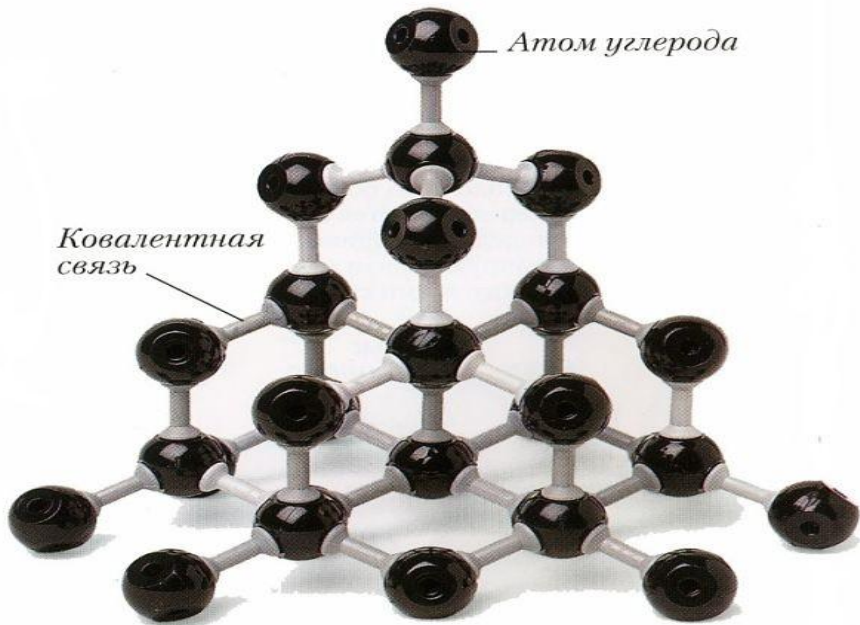


- Фуллерены названы таким образом по имени инженера и архитектора **Ричарда Бакминстера Фуллера**, который разработал и построил пространственную конструкцию «геодезического купола», представляющую собой полусферу, собранную из тетраэдров. Данная конструкция принесла Фуллеру международное признание и известность. Сегодня по его разработкам разрабатываются и строятся купольные дома. Фуллерен по своей структуре и форме напоминает указанные конструкции Ричарда Бакминстера Фуллера, человека, который построил на выставке в Монреале в 1967 г. Павильон США, используя конструкцию из сочлененных пяти- и шестиугольников.

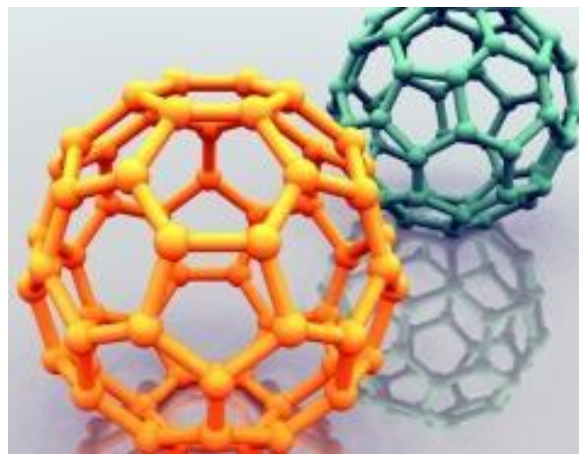


Ричард Бакминстер Фуллер
(12 июля 1895 г.- 1 июля 1983 г.)
Американский архитектор, дизайнер,
инженер, изобретатель, философ,
математик, писатель, поэт.

Самое твердое вещество в природе - алмаз. Это углеродное соединение имеет кристаллическую решетку в форме тетраэдра пирамиды с четырьмя равновеликими треугольными гранями. Его вершины образованы четырьмя атомами углерода. Треугольник - очень жесткая фигура его можно сломать, но деформировать или смять нельзя. Именно поэтому прочность алмаза столь высока. В природе известны кристаллы с решеткой, состоящей не из атомов, а из молекул. Если молекулы достаточно велики и связи между ними сильны, то кристаллическая решетка оказывается чрезвычайно прочной.



СТРУКТУРА АЛМАЗА



Фуллерены

Этим условиям в полной мере отвечают фуллерены.

СОЕДИНЕНИЯ ФУЛЛЕРЕНА.



Фуллерен легко вступает в соединения с другими химическими элементами. В настоящее время на основе фуллеренов уже синтезировано более 3 тысяч новых и производных соединений. Если в состав молекулы фуллерена, помимо атомов углерода, входят атомы других химических элементов, то, если атомы других химических элементов расположены внутри углеродного каркаса, такие фуллерены называются эндоэдральными, если снаружи — экзоэдральными.

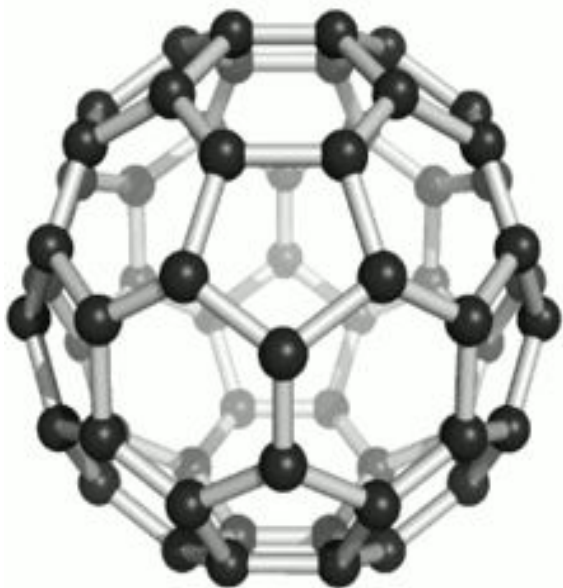


Рис. 1.19. Структура молекулы фуллерена C_{60}
Бакминстерфуллер

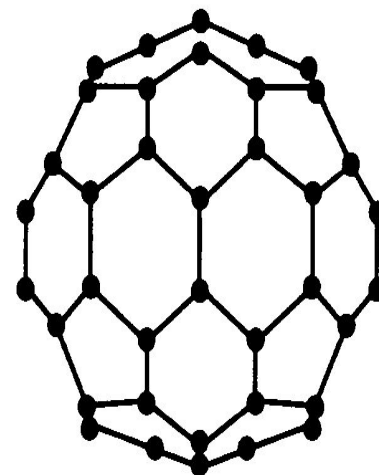
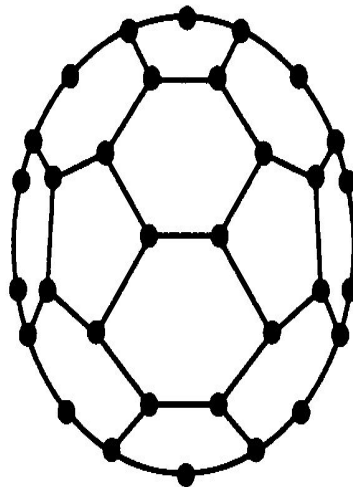


Рис. 1.20. Структура молекулы фуллерена C_{70}

ПРЕИМУЩЕСТВА И СВОЙСТВА ФУЛЛЕРЕНА.



• ПРЕИМУЩЕСТВА И СВОЙСТВА ФУЛЛЕРЕНА:

- материалы с применением фуллеренов обладают повышенной прочностью, износостойкостью, термо – и хемотростойкостью и уменьшенной истираемостью;
- фуллерены способны полимеризоваться и образовывать тонкие пленки;
- возможность использования фуллеренов в качестве основы для нелинейных оптических затворов, применяемых для защиты оптических устройств от интенсивного оптического облучения;
- является полупроводником с шириной запрещённой зоны ~ 1.5 эВ и его свойства во многом аналогичны свойствам других полупроводников.
- Они обладают фотопроводимостью при облучении видимым светом.

ПОЛУЧЕНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ.



ФУЛЛЕРЕНЫ

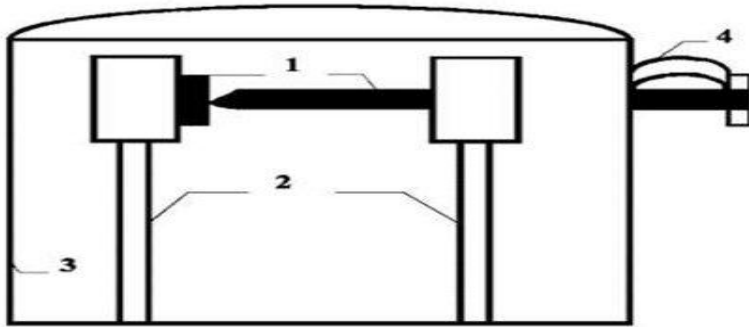


Схема установки для получения фуллеренов

1-графитовые электроды

2-охлаждаемая медная шина

3-медный кожух

4-пружины

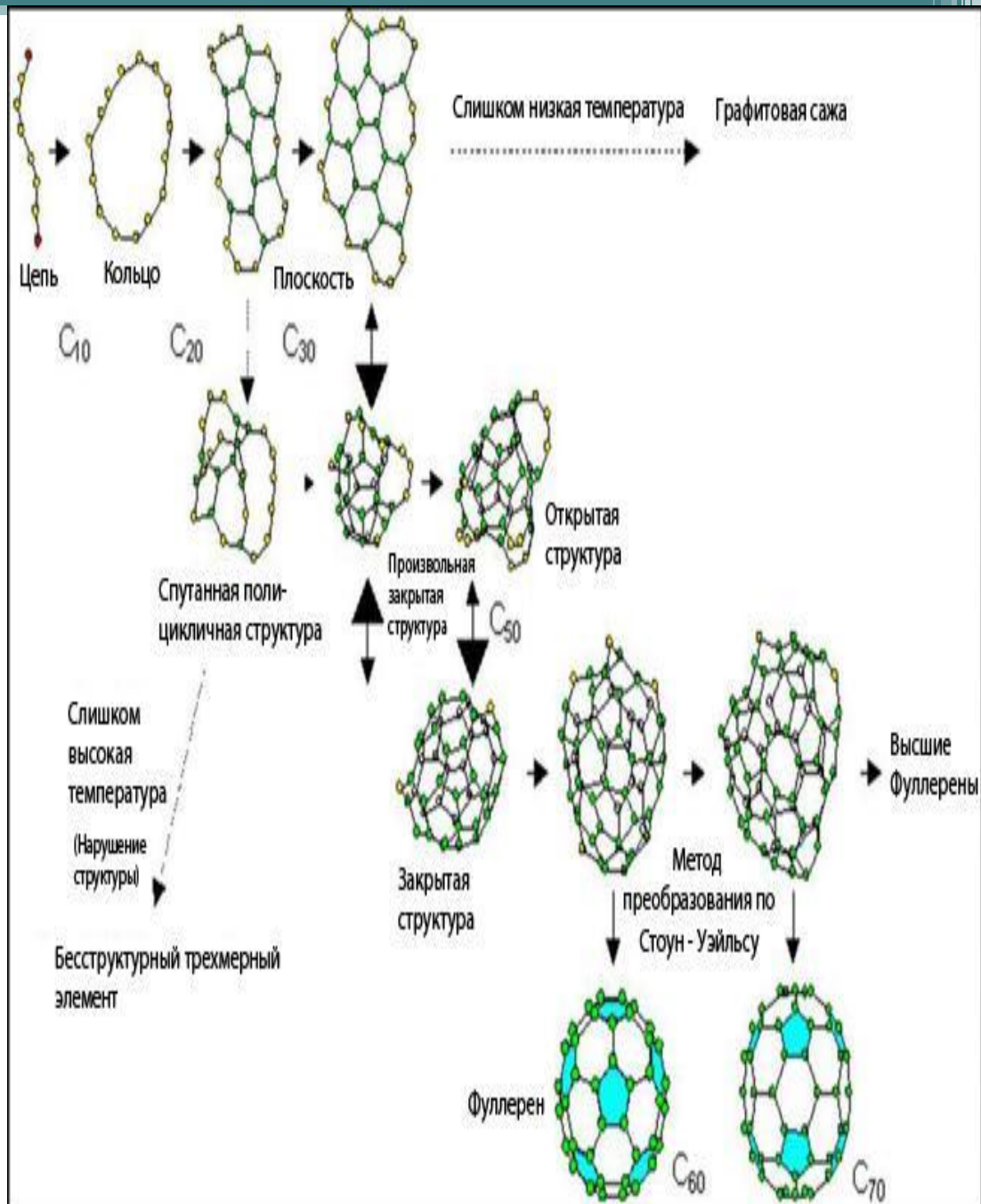
Наиболее эффективный способ получения фуллеренов основан на термическом разложении графита. На рисунке показана схема установки для получения фуллеренов, которую использовал В.Кретчмер. Распыление графита осуществляется при пропускании через электроды тока с частотой 60 Гц, величина тока от 100 до 200 А, напряжение 10-20 В.

Подлинный бум в исследованиях фуллеренов начался в 1990 году. Это произошло после того, как **немецкий астрофизик В. Кретчмер** и **американский исследователь Д. Хафман** разработали технологию получения фуллеренов в достаточных количествах. Технология основана на термическом распылении электрической дуги с графитовыми электродами и последующей экстракции фуллеренов из продуктов распыления с помощью органических растворителей, например, бензола, толуола. Новая технология позволила многочисленным научным лабораториям исследовать фуллерены не только в молекулярной форме, но также и в кристаллическом состоянии.

Основными способами получения фуллеренов считаются:

— сжигание графитовых электродов в электрической дуге в атмосфере гелия при низких давлениях,
— сжигания углеводорода в в пламени.

Необходимо отметить, что особую сложность представляет не только само по себе получение фуллеренов (их выход в виде углеродной сажи крайне низкий), но и последующее выделение, очистка и разделение фуллеренов по классам из углеродной сажи.



ПРИМЕНЕНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ.
ФУЛЛЕРЕН ИЛИ C60 - ЛЕКАРСТВО
БУДУЩЕГО?! МЕДИЦИНА С
ПРИСТАВКОЙ «НАНО».

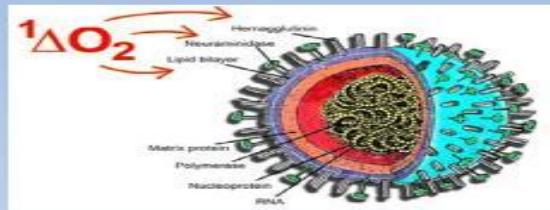
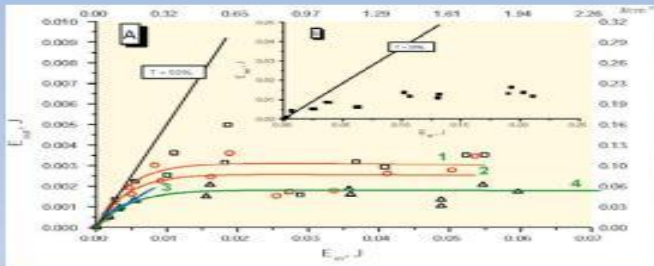


Применение фуллеренов

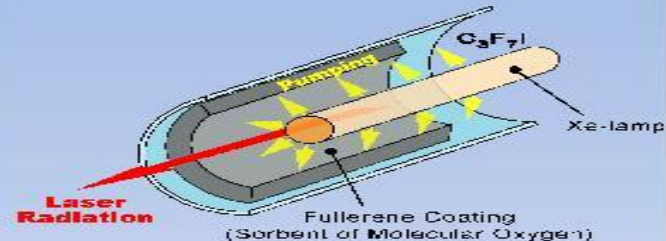
Нелинейная оптика
Управление лазерным излучением

Медицина и фармакология

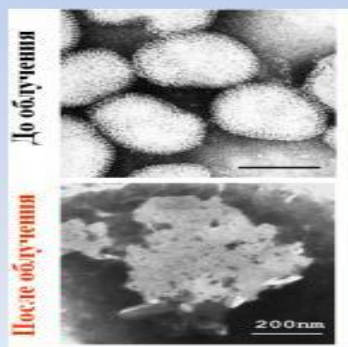
Фуллерен-кислород-йодный лазер



Инактивация вирусов в биологических жидкостях



Широкополосный быстродействующий нелинейно-оптический ограничитель лазерного излучения



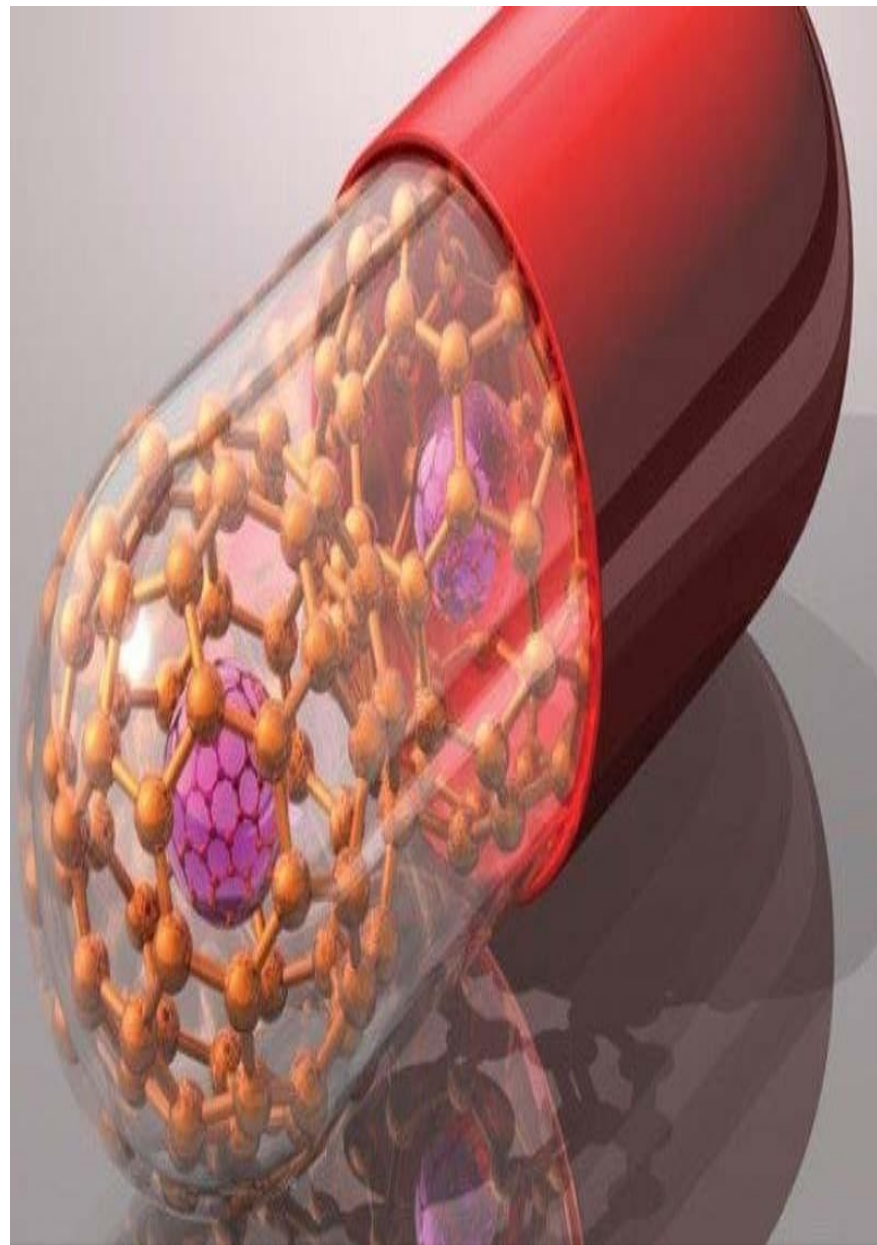
8

ПРИМЕНЕНИЕ ФУЛЛЕРЕНОВ C60 И C70:

- антистатические, противоизносные и антифрикционные полимеры, пластмассы,
- сорбенты для пищевой промышленности и очистки воды,
- лекарства и фармацевтические препараты,
- геомодификаторы трения,
- косметика,
- в качестве добавки для получения синтетических алмазов методом высокого давления. Выход алмазов увеличивается на 30%,
- и многое другое.

«Широк круг возможных технологических применений фуллеренов, - пишет Езерский. - Так, использование фуллеренов в качестве присадки к смазочному маслу существенно (до 10 раз) снижает коэффициент трения металлических поверхностей и соответственно повышает износостойкость деталей и агрегатов. Активно разрабатываются также другие возможности массовых применений фуллеренов, связанные, в частности, с созданием нового типа аккумуляторных батарей, не подверженных, в отличие от традиционно используемых батарей на основе лития, разрушению электродов. Особого внимания заслуживает проблема использования фуллеренов в медицине и фармакологии...

...Одна из основных трудностей, стоящих на пути успешного решения этой задачи, связана с созданием водорастворимых нетоксичных соединений фуллеренов, которые могли бы вводиться в организм человека и доставляться с кровью в орган, подлежащий терапевтическому воздействию. Широко обсуждается в литературе идея создания противораковых медицинских препаратов на основе водорастворимых эндоэдральных соединений фуллеренов (молекулы фуллеренов, внутри которых помещен один или несколько атомов какого-либо элемента) с внедренными внутрь структуры фуллеренов радиоактивными изотопами. Введение такого лекарства в ткань позволит избирательно воздействовать на пораженные опухолью клетки, препятствуя их дальнейшему размножению».

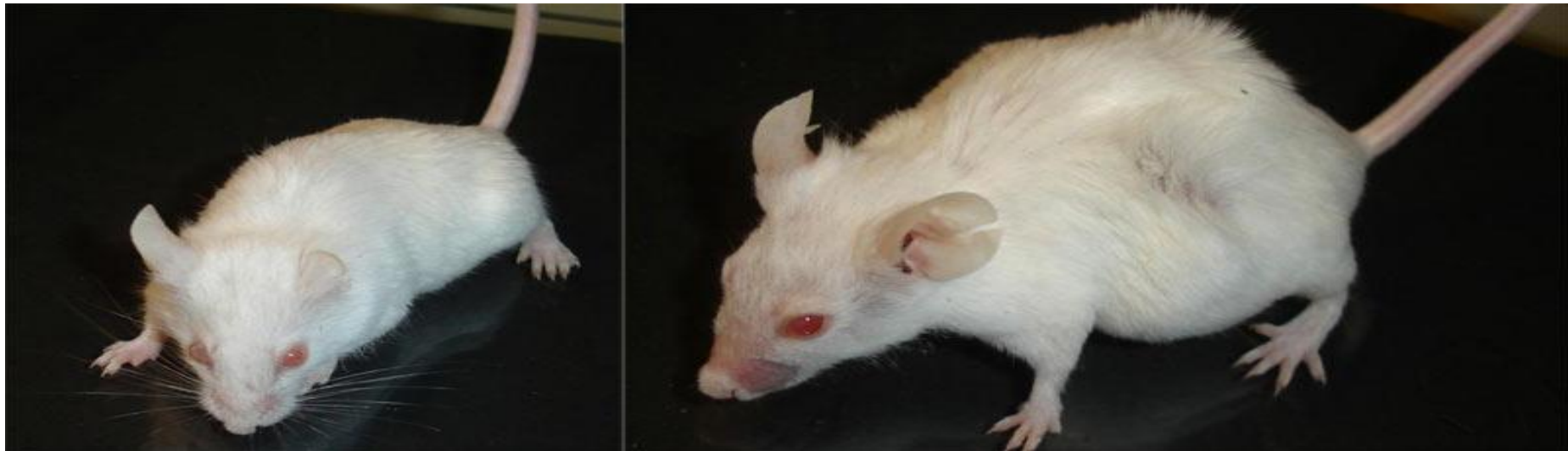


Интересный факты.



Крысы-долгожители

В 2012 году увидела свет публикация, которая привлекла внимание геронтологов — специалистов, работающих над проблемами старения. В этой работе Тарек Баати и соавторы продемонстрировали впечатляющие результаты — крысы, которых кормили суспензией фуллеренов в оливковом масле, жили вдвое дольше обычных, и, к тому же, демонстрировали повышенную устойчивость к действию токсических факторов (таких как четыреххлористый углерод). Токсичность этого соединения обусловлена его способностью генерировать активные формы кислорода (АФК), а значит, биологические эффекты фуллеренов, скорее всего, можно объяснить их антиоксидантными свойствами (способностью «перехватывать» и дезактивировать АФК).



Слева — мышь, старение которой замедлено благодаря приему «ионов Скулачева», *справа* — мышь из контрольной группы

Почему же фуллерены оказались столь эффективными в борьбе со старением?

Задавшись этим вопросом, мы стали рассматривать возможность существования дополнительного механизма биологического действия фуллеренов — кроме уже известного антиоксидантного. Подсказка обнаружилась при изучении одного из соединений ряда SkQ — SkQR1, содержащего остаток родамина. Это соединение относится к группе *протонофоров* — молекул, способных переносить протоны из межмембранного пространства через мембрану в матрикс митохондрии, снижая, таким образом, трансмембранный потенциал ($\Delta\psi$). Как известно, именно этот потенциал, существующий благодаря разнице в содержании протонов по разные стороны мембраны, и обеспечивает выработку энергии в клетке. Однако он же и является источником генерации АФК. В сущности, активные формы кислорода здесь сродни «токсическим отходам» при производстве энергии. Хотя они имеют и ряд полезных функций, в основном АФК — источник повреждения ДНК, липидов и многих внутриклеточных структур.

Возникает вопрос — а могут ли фуллерены, кроме антиоксидантных свойств, проявлять еще и свойства «переносчиков» протонов, действуя, таким образом, сразу с двух сторон? Ведь шарообразная молекула фуллерена — полая изнутри, а значит, в ней вполне могут уместиться небольшие частицы — такие как протоны.

Для проверки этой гипотезы коллективом НОЦ «Наноразмерная структура вещества» были выполнены сложные расчеты. Как и в истории с открытием фуллерена, в нашем исследовании компьютерное моделирование предшествовало экспериментам. Моделирование возможности проникновения протона в фуллерен и распределения заряда в такой системе производилось на основе теории функционала плотности (DFT). Это широко используемый инструмент квантово-химических расчетов, позволяющий вычислять свойства молекул с высокой точностью.

При моделировании один или несколько протонов помещали вне фуллерена, а затем производился расчет наиболее оптимальной конфигурации — такой, при которой полная энергия системы будет минимальной. Результаты расчетов показали: протоны могут проникать внутрь фуллерена! Оказалось, внутри молекулы C_{60} может накапливаться до шести протонов одновременно, а вот седьмой и последующие уже не смогут проникнуть внутрь и будут отталкиваться — дело в том, что «заряженный» протонами фуллерен приобретает положительный заряд (а, как известно, одноименно заряженные частицы отталкиваются).

Происходит это потому, что проникающие внутрь фуллеренового «шарика» протоны оттягивают на себя электронные облака атомов углерода, что приводит к перераспределению заряда в системе «протоны+фуллерен». Чем больше протонов проникает внутрь, тем сильнее положительный заряд на поверхности фуллерена, тогда как протоны, напротив, все сильнее приближаются к нейтральным значениям. Эту закономерность можно проследить и на рисунке 4: когда количество протонов внутри сферы превышает 4, они становятся нейтральными (желто-оранжевый цвет), ну а поверхность фуллерена всё сильнее «синее».

Вначале расчеты были выполнены только в системе «фуллерен+протоны» (без учета влияния других молекул). Но ведь в клетке фуллерен находится не в вакууме, а в водной среде, заполненной множеством соединений разной степени сложности. Поэтому на следующем этапе моделирования физики добавили к системе 47 молекул воды, окружающих фуллерен, и проверили, не повлияет ли их присутствие на взаимодействие с протонами. Однако и в присутствии воды модель действовала успешно.

Известие о том, что фуллерены могут адсорбировать протоны, да еще и приобретают при этом положительный заряд, вдохновило биологов. Похоже, что эти уникальные молекулы и вправду действуют сразу несколькими путями: инактивируют активные формы кислорода (в частности, гидроксильные радикалы, присоединяя их по многочисленным двойным связям), адресно накапливаются в митохондриях благодаря своим липофильным свойствам и приобретенному положительному заряду, и, вдобавок ко всему, снижают трансмембранный потенциал, перенося протоны внутрь митохондрий, подобно другим «мягким разобщителям» дыхания и окислительного фосфорилирования. Для изучения антиоксидантных свойств фуллеренов мы использовали систему экспресс-тестов на основе биолюминесцентных бактериальных биосенсоров. Биосенсоры в данном случае — генетически-модифицированные бактерии, способные улавливать повышение внутриклеточной генерации АФК и «сигнализировать» об этом исследователям. При создании биосенсоров в геном одного из безвредных штаммов кишечной палочки *Escherichia coli* вводится искусственная конструкция, состоящая из генов люминесценции (свечения), поставленных под контроль специфических *промоторов* — регуляторных элементов, «включающихся» при повышении внутриклеточной генерации активных форм кислорода, или же при действии иных стресс-факторов — например, при повреждении ДНК. Стоит начать действовать на клетку таким стресс-фактором — бактерия начинает светиться, и по уровню этого свечения можно с достаточной точностью определить уровень повреждений.

Такие модифицированные штаммы разрабатываются в ГосНИИ Генетики и широко применяются в генетической токсикологии при изучении механизмов действия излучений и окислительного стресса, действия антиоксидантов (в частности, SkQ1), а также для поиска новых перспективных антиоксидантов среди синтезируемых химиками веществ. В нашем случае использование именно бактериальной модели обусловлено следующим: бактерии, как известно, относятся к прокариотам, и клетки их устроены проще, чем эукариотические. Процессы, происходящие в мембране митохондрий эукариот у прокариот реализуются прямо в клеточной мембране: в этом смысле бактерии — «сами себе митохондрии»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80,%D0%A0%D0%B8%D1%87%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%91%D0%B0%D0%BA%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80>

<http://xn--80aaaftebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/fulleren-allotropnaya-forma-ugleroda/>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD>

<http://www.iq-coaching.ru/vysokie-tehnologii/nanotehnologii/444.html>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B8,%D0%A0%D0%B8%D1%87%D0%B0%D1%80%D0%B4>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%91%D1%80%D0%BB,%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82>

<https://biomolecula.ru/articles/fullereny-neozhidannye-biologicheskie-svoistva-uglerodnykh-nanochastits>



Литература

1. А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов. (1993). Фуллерены. УФН 163 (№ 2), 33–60;
2. Mori T. *et al.* (2006). [Preclinical studies on safety of fullerene upon acute oral administration and evaluation for no mutagenesis](#). Toxicology 225, 48–54;
3. Szwarc H, Moussa F. (2011). [Toxicity of 60fullerene: confusion in the scientific literature](#). J. Nanosci. Lett. 1, 61–62;
4. [Невидимая граница: где сталкиваются «нано» и «био»](#);
5. Marega R., Giust D., Kremer A., Bonifazi D. (2012). [Supramolecular Chemistry of Fullerenes and Carbon Nanotubes at Interfaces: Toward Applications](#). Supramolecular Chemistry of Fullerenes and Carbon Nanotubes (eds N. Martin and J.-F. Nierengarten), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany;
6. Пиотровский Л.Б. (2010). Наномедицина как часть нанотехнологий. Вестник РАМН 3, 41–46;
7. Theriot C.A., Casey R.C., Moore V.C., Mitchell L., Reynolds J.O., Burgoyne M., *et al.* (2010). [Dendro\[C60\]fullerene DF-1 provides radioprotection to radiosensitive mammalian cells](#). Radiat. Environ. Biophys. 49, 437–445;
8. Andrievsky G.V., Bruskov V.I., Tykhomyrov A.A., Gudkov S.V. (2009). [Peculiarities of the antioxidant and radioprotective effects of hydrated C60 fullerene nanostructures in vitro and in vivo](#). Free Radic. Biol. Med. 47, 786–793;
9. Mashino T., Shimotohno K., Ikegami N., *et al.* (2005). [Human immunodeficiency virus-reverse transcriptase inhibition and hepatitis C virus RNA-dependent RNA polymerase inhibition activities of fullerene derivatives](#). Bioorg. Med. Chem. Lett. 15, 1107–1109;
10. Lu Z.S., Dai T.H., Huang L.Y., *et al.* (2010). [Photodynamic therapy with a cationic functionalized fullerene rescues mice from fatal wound infections](#). Nanomedicine 5, 1525–1533;
1. [МикроРНК участвуют в регуляции метастазирования опухолей](#);
2. Xu Y.Y., Zhu J.D., Xiang K., Li Y.K., Sun R.H., Ma J., *et al.* (2011). [Synthesis and immunomodulatory activity of 60fullerene-tuftsин conjugates](#). Biomaterials 32, 9940–9949;
3. Gharbi N., Pressac M., Hadchouel M. *et al.* (2005). [\[60\]Fullerene is a powerful antioxidant in vivo with no acute or subacute toxicity](#). Nano Lett. 5, 2578–2585;
4. Chen Z., Ma L., Liu Y., Chen C. (2012). [Applications of Functionalized Fullerenes in Tumor Theranostics](#). Theranostics 2, 238–250;
5. Jiao F., Liu Y., Qu Y. *et al.* (2010). [Studies on anti-tumor and antimetastatic activities of fullerene in a mouse breast cancer model](#). Carbon 48, 2231–2243;
6. Meng H., Xing G.M., Sun B.Y., Zhao F., Lei H., Li W., *et al.* (2010). [Potent angiogenesis inhibition by the particulate form of fullerene derivatives](#). ACS Nano, 4, 2773–2783;
7. Tykhomyrov A.A., Nedzvetsky V.S., Klochkov V.K., Andrievsky G.V. (2008). [Nanostructures of hydrated C60 fullerene \(C60HyFn\) protect rat brain against alcohol impact and attenuate behavioral impairments of alcoholized animals](#). Toxicology 246, 158–165;
8. Григорьев В.В., Петрова Л.Н., Иванова Т.А., с соавт. и Бачурин С.О. (2011). Исследование нейропротекторного действия гибридных структур на основе фуллерена C60. Изв. РАН серия Биологическая 2, 163–170;
9. Zhou Z.G., Lenk R., Dellinger A., MacFarland D., Kumar K., Wilson S.R., *et al.* (2009). [Fullerene nanomaterials potentiate hair growth](#). Nanomed. Nanotechnol. Biol. Med. 5, 202–207;
10. Bobylev A.G., Kornev A.B., Bobyleva L.G., Shpagina M.D., Fadeeva I.S., Fadeev R.S., *et al.* (2011). [Fullerenolates: metallated polyhydroxylated fullerenes with potent anti-amyloid activity](#). Org. Biomol. Chem. 9, 5714–5719;
1. [Наномедицина будущего: трансдермальнная доставка с использованием наночастиц](#);
2. Montellano A., Da Ros T., Bianco A., Prato M. (2011). [Fullerene C\(60\) as a multifunctional system for drug and gene delivery](#). Nanoscale 3, 4035–4041;
3. Кузнецова С.А., Орецкая Т.С. (2010). [Нанотранспортные системы адресной доставки нуклеиновых кислот в клетки](#). Российские нанотехнологии 5 (№ 9–10), 40–52;
4. Baati T., Bourasset F., Gharb N., *et al.* (2012) [The prolongation of the lifespan of rats by repeated oral administration of 60fullerene](#). Biomaterials 33, 4936–4946;
5. Пиотровский Л.Б., Еропкин М.Ю., Еропкина Е.М., Думпис М.А., Киселев О.И. (2007). [Механизмы биологического действия фуллеренов — зависимость от агрегатного состояния](#). Психофармакология и биологическая наркологиия 7 (№ 2), 1548–1554;
6. Moussa F., Roux S., Pressac M., Genin E., Hadchouel M., Trivin F., *et al.* (1998). [In vivo reaction between 60fullerene and vitamin A in mouse liver](#). New J. Chem. 22, 989–992;
7. Linney E., Donerly S., Mackey L., Dobbs-McAuliffe B. (2001). [The negative side of retinoic acid receptors](#). Neurotoxicol Teratol. 33, 631–640;
8. Gudas L.J. (2012). [Emerging Roles for Retinoids in Regeneration and Differentiation in Normal and Disease States](#). Biochim Biophys Acta 1821, 213–221..

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!