



Получено: 18.08.2023 г. | Принято: 14.09.2023 г. | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.6.328.336>

Научная статья

## НАНОТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

Г.Е.Кричевский<sup>1</sup>, д.т.н., проф., ORCID: 0000-0001-9777-9257 / [gek20003@gmail.com](mailto:gek20003@gmail.com)

**Аннотация.** Нанотехнология (НТ) и другие прорывные технологии (био-, инфо-, когно-), образуя объединенный НБИК научно-технологический кластер, является локомотивом развития Шестого технологического уклада первой половины 21 века. Современная медицина, как и многие другие важные области жизни человека, испытывает мощное влияние НБИК-технологий и нанотехнологий, в первую очередь. Это влияние проявляется как в новых методах диагностики, так и во всех видах терапии.

**Ключевые слова:** нанотехнологии, наночастицы, наномедицина

**Для цитирования:** Г.Е. Кричевский. Нанотехнологии в современной медицине. НАНОИНДУСТРИЯ. 2023. Т. 16, № 6. С. 328–336. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.6.328.336>

Received: 18.08.2023 | Accepted: 14.09.2023 | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.6.328.336>

Original paper

## NANOTECHNOLOGIES IN MODERN MEDICINE

G.E.Krichevsky<sup>1</sup>, Doct. of Sci. (Tech), Prof., ORCID: 0000-0001-9777-9257 / [gek20003@gmail.com](mailto:gek20003@gmail.com)

**Abstract.** Nanotechnology and other breakthrough technologies (bio-, info-, cogno-), forming the united NBIC scientific and technological cluster, is the locomotive of the development of the Sixth technological mode of the first half of the 21st century. Modern medicine, as well as many other important areas of human life, is experiencing a powerful influence of NBIC-technologies and nanotechnologies, first of all. This influence is manifested both in new methods of diagnostics and in all types of therapy.

**Keywords:** nanotechnologies, nanoparticles, nanomedicine

**For citation:** G.E. Krichevsky. Nanotechnologies in modern medicine. NANOINDUSTRY. 2023. V. 16, no. 6. PP. 328–336. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.6.328.336>.

<sup>1</sup> ООО "Колетекс", Москва, Россия / Coletex JSC, Moscow, Russia



## ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнологии (НТ), нанопродукты (НП) и наночастицы (НЧ) за последние 10-15 лет прочно вошли в практическую медицину и фармацевтику и приносят существенный вклад в повышение здоровья людей. На рис.1 показаны четыре уровня использования нанотехнологий в медицине.

Использование НТ, НП и НЧ проходит в направлении производства лекарств нового поколения (более эффективных с минимальными побочными эффектами), в новых методах лечения (в том числе, онкологических заболеваний), в аппаратной диагностике (в том числе, на ранних стадиях заболевания). Все эти успехи основаны на серьезных системных исследованиях в области нанотехнологий в сочетании с достижениями био- и информационных технологий, геномной и клеточной терапии.

Современная медицина и ее достижения – это пример и результаты конвергенции фундаментальных и прикладных наук, их междисциплинарности.

В области диагностики используются достижения НТ: обнаружение и топология патологий тканей с помощью НЧ, в терапии это нанотранспортеры (НТр) различной природы (липосомы, дендримеры, гидрогели и др.) и наночастицы металлов (НЧМ), в фармацевтике – создание лекарств адресного (таргетного) действия на основе изучения механизмов патологии на клеточном и молекулярном уровне.

В данной статье основное внимание сосредоточено на рассмотрении различных видов нанотранспортеров, на основных методах доставки и контролируемом высвобождении лекарств в патогенные органы и ткани, на местной направленной доставке лекарств с помощью гидрогелей полимеров, на синтезе и использовании наночастиц металлов в комбинации с биополимерной матрицей, на результатах использования в различных областях медицины гибридных (биополимер-НЧМ) лечебных материалов, полученных по "зеленым технологиям".

### Нанотранспортеры (НТр)

Современные методы доставки лекарств в патологические ткани и органы невозможны без средств доставки, в качестве которых используются наноразмерные частицы, обладающие необходимыми для этой цели свойствами: биосовместимость, способность преодолевать биологические барьеры, способность вмещать в себе и нести лекарство к очагу поражения.

Среди нанотранспортеров, отвечающих этим требованиям, следует выделить

главные – липосомы, мицеллы, дендримеры, полимерные матрицы – платформы (чаще всего в виде гидрогелей), углеродные нанотрубки.

Большинство НТр можно отнести к коллоидным системам, частицы которых наполнены лекарствами. Это, как правило, частицы субмикроскопического размера (обычно менее 500 нм). Эти системы интенсивно изучаются в последнее десятилетие, поскольку являются исключительно потенциально и реально эффективными в доставке и высвобождении лекарств; обладая высоким отношением величины внешней поверхности  $S$  к объему  $S/V$ , они способны повышать биологическую и лечебную эффективность лекарств, улучшая фармакинетику, распределение, снижая токсичность, повышая растворимость и стабильность лекарств, повышая контроль за высвобождение лекарств и их адресную доставку.

Все эти свойства существенно зависят от вида и природы НТр и его характеристик (органические, неорганические, гибридные; размеры и форма частиц, их заряд, функциональные группы и др.). Основное требование к НТр – это повышение эффективности лечебного действия при снижении токсичности лекарств. При лечении онкологических заболеваний методами химиотерапии традиционными лекарствами – цитостатиками (сильные яды) возникают следующие основные проблемы: низкая специфичность (сорбционная) по отношению к злокачественным опухолям, высокая токсичность (следствие первого), привыкание (резистентность) к этим лекарствам. Нанотранспортеры, в которые помещены даже традиционные цитостатики, позволяют в немалой степени решить эти проблемы и добиваться большего терапевтического эффекта.

Вводя в НТр специальные функциональные группы – лиганды, имеющие сродство к рецепторам на поверхности раковых клеток, можно существенно повысить специфичность к опухолям НТр, содержащих лекарства.

Много препаратов подобного типа уже находят применение в клиниках, а еще больше разрабатываются фармацевтами и проходят испытания в клиниках.

### ОРГАНИЧЕСКИЕ НАНОТРАНСПОРТЕРЫ

**Твердые жирные (гидрофобные) нанотранспортеры**  
Наноразмерные твердые гидрофобные НТр размером 1-50 нм производят диспергированием расплавленного твердого липида в воде в присутствии эмульгатора – стабилизатора дисперсии. При введении в композицию лекарства образуется

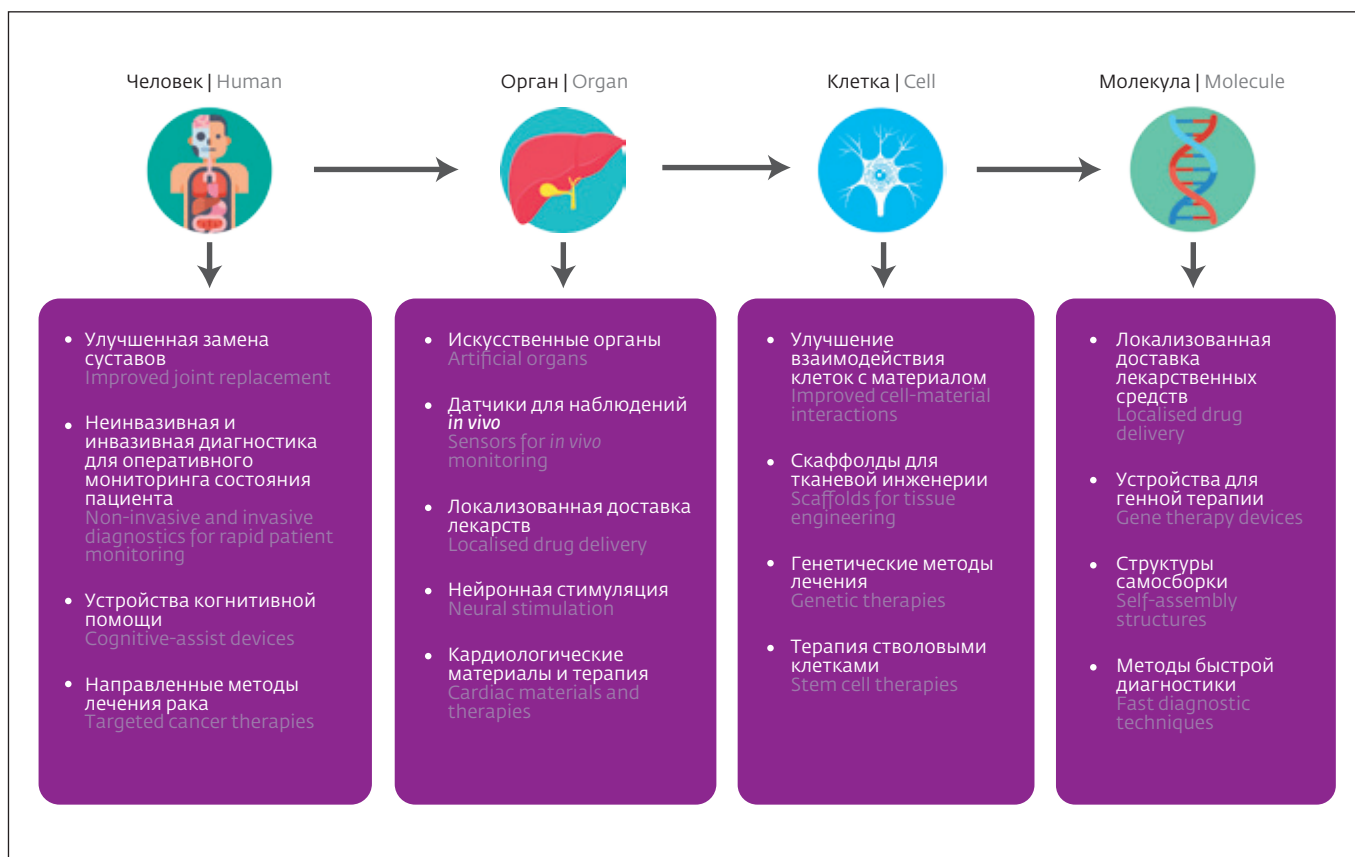


Рис.1. Четыре уровня использования НТ в медицине (организм, органы, клетки, молекулы)

Fig.1. Four levels of NT use in medicine (human, organs, cells, molecules)

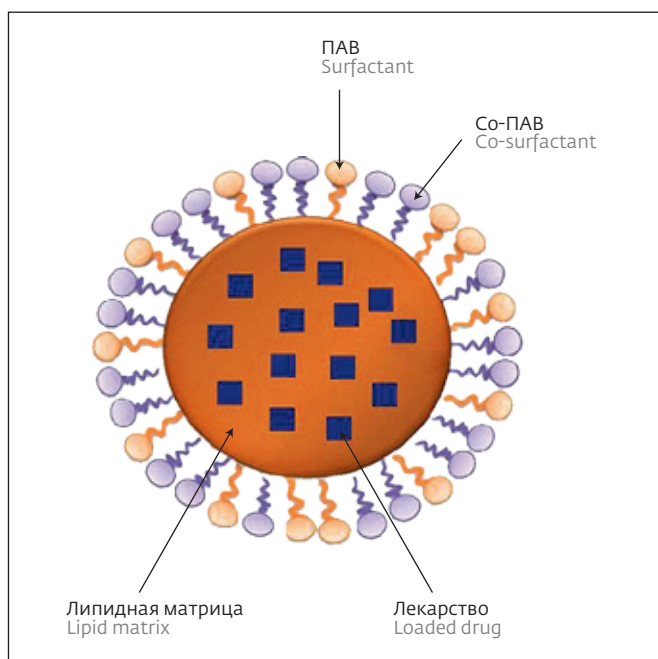


Рис.2. Липидный нанотранспортер, наполненный лекарствами

Fig.2. A lipid nanotransporter filled with drugs

высоко лиофильный липидный матрикс, в котором растворено или диспергировано лекарство.

В качестве липидов используются моно-, ди- и триглицериды, свободные жирные кислоты, свободные жирные спирты, воски и стероиды. Вид липида требует специфических условий приготовления эмульсии или дисперсии. В каждом конкретном случае использования в комплексе различных лекарств возникает необходимость проверять условия приготовления, лечебный эффект, токсичность и другие свойства.

На рис.2 в виде схемы представлена структура твердой липидной наночастицы, наполненной лекарствами.

**Липосомы** – это специфические везикулоподобные структуры (везикулы – это маленькие внутриклеточные мешочки, защищенные мембраной, с запасом питательных веществ, переносят питательные вещества в организме животных), имеющие один или несколько липидных слоев. Образуются самопроизвольно при смешении фосфолипидов с водой. Примерно по такой схеме они формируются в организмах животных.



Внутри липосомы содержится вода или другой растворитель, с которым смешивают фосфолипид. Внутри липосомы помещают лекарство. Диаметр липосом от 20 до 50 мкм. За последние несколько десятков лет интерес к липосомам как НТр в медицине очень возрос, поскольку их использование в комбинации с лекарствами дает большой эффект в биомедицине, особенно в создании современных систем адресной доставки и высвобождения лекарств. Эти системы имеют большие преимущества перед традиционными лекарствами, особенно цитостатиками: меньше токсичность, контролируемая доставка и высвобождение, изменение фармакинетики. Для улучшения лечебных свойств липосомы могут быть покрыты полимерной пленкой, что повышает пролонгированное лечебное действие лекарств.

На рис.3 схематически показана структура липосомы, содержащей два вида лекарств (липофильных и гидрофобных). Как и в случае твердых липидных НТр, свойства липидов и, соответственно, их терапевтическая активность зависит от множества факторов при использовании одних и тех же лекарств: природы липида, структуры липосомы (однослойная, многослойная), вида жидкого растворителя (вода, органические растворители), размера, формы, заряда поверхности, метода приготовления. Липосомы используют в качестве НТр для различных биоактивных веществ и лекарств, вакцин, косметических средств, нейроцептиков.

Преимуществом липосом является их способность к биосовместимости (аналоги живых везикул-переносчиков), биодеструктивность, способность включать в свою структуру лекарства гидрофильной и гидрофобной природы. Для повышения устойчивости липосом используют различные полимеры в качестве коллоидных стабилизаторов.

**Дендримеры** – древообразные полимеры, молекулы которых имеют большое число разветвлений. Получены сотни различных видов дендримеров. Они удобны для использования в качестве НТр для различных веществ, в том числе лекарств и косметики.

Дендримеры используются для направленной доставки и высвобождения генов, витаминов, ДНК и РНК. Все эти и другие вещества располагаются в НТр, заполняя его полость. Схематично структура типичного дендримера, заполненного лекарством, показана на рис.4.

У дендримеров имеется центральное ядро, многочисленные ответвления и "ветки", концевые группы. Синтезируют дендримеры

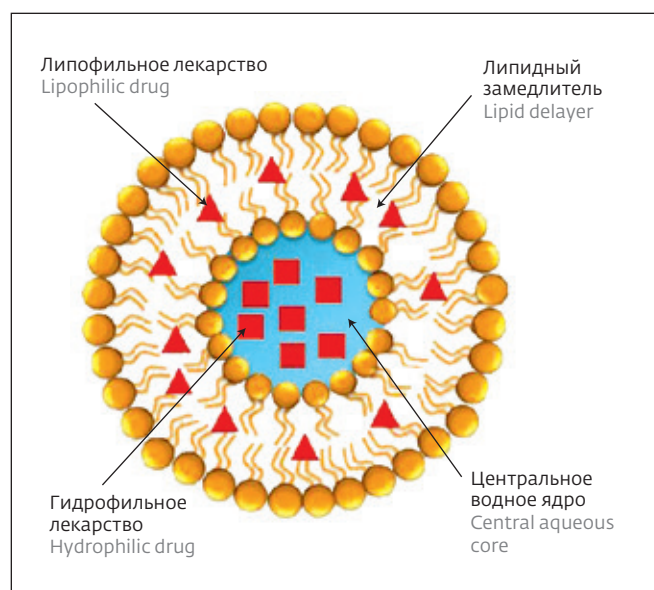


Рис.3. Липосома как нанотранспортер, наполненный лекарствами

Fig.3. Liposome as a drug-filled nanotransporter

на основе синтетических и природных (сахара, нуклеотиды, аминокислоты) соединений.

Современные методы синтеза дендримеров позволяют получать воспроизводимые по химическому строению разветвленные полимеры-дендримеры, что очень важно для их транспортных и других свойств, необходимых для их использования в фармацевтике и медицине. Частицы дендримеров имеют размеры 1,5–15 нм.

Удобство дендримеров для транспортировки лекарств заключается в возможности регулирования молекулярной массы, состава, функциональных концевых групп. Химия, архитектура макромолекул дендримеров (размер, форма, природа концевых групп) влияет на их транспортные свойства. Лекарства, помещенные в структуру дендримеров, могут быть связаны со структурой водородными, гидрофобными или химическими связями.

Включенные в состав макромолекулы дендримера группы лигандов, имеющих сродство к рецепторам раковых клеток, позволяют на их основе конструировать лечебные средства адресного характера. Основное направление в исследованиях по использованию дендримеров в медицине – это создание конъюгатов (комплексов) дендример-лиганд-лекарство.

В качестве биологически активных веществ в структуру дендримера помещают гены, препараты, поддерживающие иммунную систему,

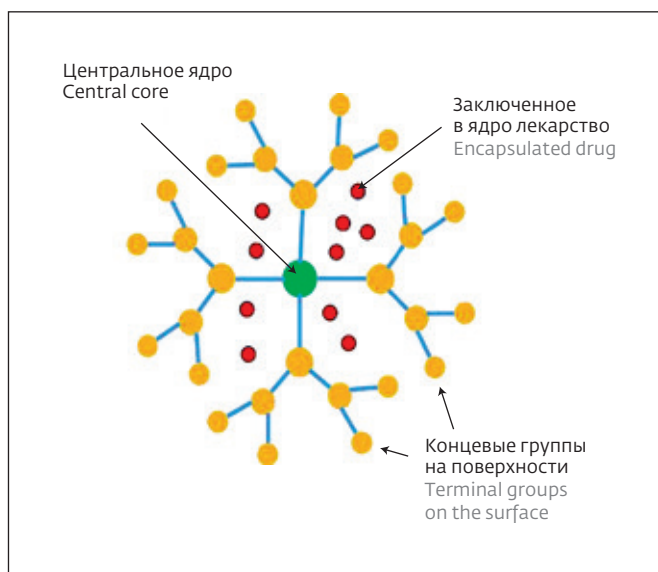


Рис.4. Структура дендримера, наполненного лекарством  
Fig.4. Drug-filled dendrimer structure

магнитно-резонансные контрастирующие вещества (диагностика), вакцины, противовирусные средства, биоциды и цитостатики.

На рис.4 показана структура дендримера, включающая в себя ядро, незамкнутые слои и внешние концевые группы.

### Наночастицы полимеров

В последние несколько десятилетий проявилось большое внимание к наночастицам полимеров (НЧП), как нанотранспортерам лекарств при создании новых форм препаратов с контролируемым высвобождением.

Наночастицы полимеров – это твердые коллоидные частицы (с размерами от 1 до 10 нм) биodeградируемых полимеров, НЧП по структуре имеют сферическую форму нанокапсул (рис.5).

В последнем случае лекарство растворено или диспергировано в ядре (вода или масло).

Полимер образует мембраны вокруг жидкого ядра, с которым может быть связан химически второй тип лекарства. В зависимости от вида полимера используют две схемы производства НЧП: диспергирование полимера или управляемая полимеризация полимера с образованием наночастиц полимера непосредственно в процессе эмульсионного синтеза.

В качестве биodeградируемых используются природные полимеры, которые способны полностью выводиться из организма в результате обмена веществ (метаболизм).

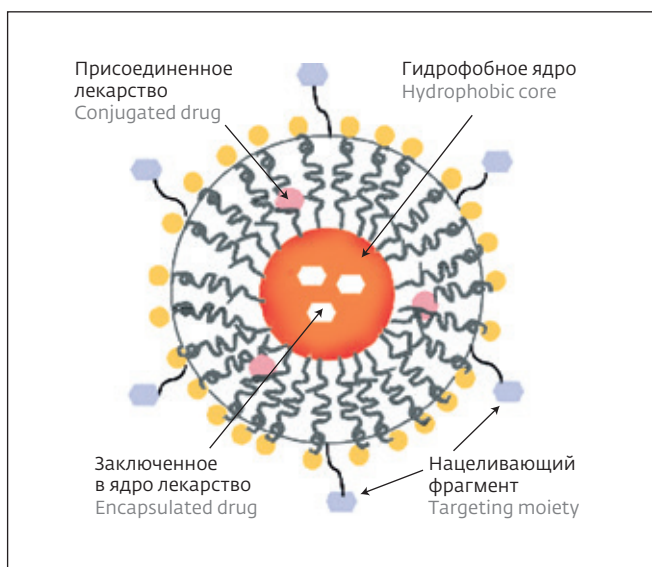


Рис.5. Структура наночастицы полимера как нанотранспортера, наполненного лекарством  
Fig.5. Structure of polymer nanoparticle as a drug-filled nanotransporter

Из синтетических полимеров – это полилактиды, гликолевые кислоты, полиэтиленгликоль, поликапролактан, сополимеры полиакриламида и другие, из природных полимеров – это альгинаты, хитозан, коллаген, декстрин желатина, гепарин и др.

Лечебные свойства НТр и лекарств этого типа, как и в случае других НТр, зависят от природы полимера, размера и формы образуемых наночастиц, от их заряда и способа производства. Это относится к использованию НЧП при лечении в онкологии.

Интересным направлением в создании эффективных лекарственных средств, особенно в онкологии, является конструирование наночастиц на основе нового поколения полимеров, свойства которых (структура, объем) меняются в зависимости от внешних факторов (рН, температура, давление, свет и др.). Такая зависимость позволяет создавать НТр с контролируемым и управляемым высвобождением лекарств за счет изменения внешних условий. Это полимеры с изменением фазового состояния и памятью формы.

### Полимерные мицеллы (ПМц)

Представляют собой коллоидные частицы размером 10–100 нм, образующиеся самопроизвольно. Самосборка происходит по принципу "снизу – вверх" из биополимеров в водной среде. По природе амфифильны, содержат гидрофильные и гидрофобные сегменты наподобие ПАВ.

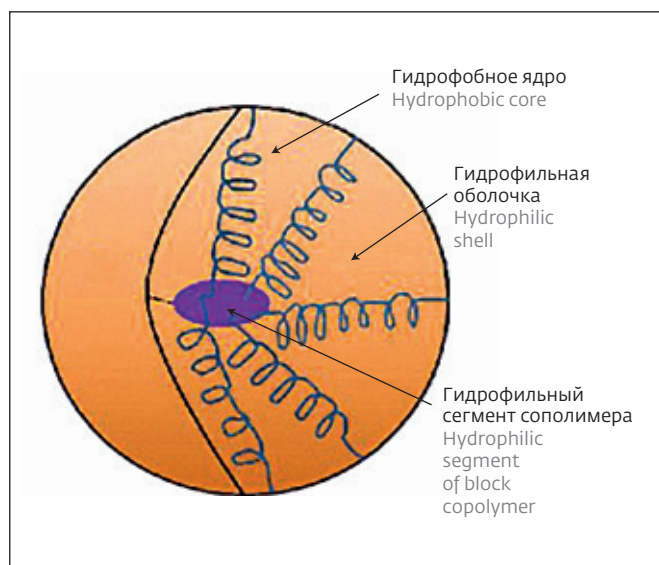


Рис.6. Схема структуры полимерной мицеллы как нанотранспортера

Fig.6. Schematic diagram of polymeric micelle structure as a nanotransporter

При определенной критической концентрации эти амфифильные биополимеры в воде начинают определенным образом собираться в структуру мицелл, в которой в ядре располагаются гидрофобные сегменты, а гидрофильные сегменты образуют внешнюю сферу (рис.6).

Такие структуры позволяют поместить в гидрофобное ядро гидрофобные лекарства. Такое лечебное средство способно транспортировать и высвободить лекарство. Внешняя гидрофильная оболочка обеспечивает растворимость гидрофобных нерастворимых лекарств. На рис.6 схематично показана структура ПМц.

### Вирусоподобные наночастицы (НЧВ)

Образуются путем самосборки клеточных белков, имеют однотипную форму (< 100 нм) с постоянным размером и геометрией (рис.7).

НЧВ используются в медицине как НТр с включенными в их структуру лекарствами, в том числе цитостатиками. Для этой цели используют вирусы разной природы (растительного и животного происхождения).

НЧВ в качестве НТр имеют ряд достоинств: однотипные структуры, размеры и формы, биосовместимость, легкость поверхностной функционализации, возможность химической и генетической модификации для придания поверхности НЧВ определенных свойств, в том числе средство к рецепторам поверхности раковых клеток. Для конструирования на основе НЧВ

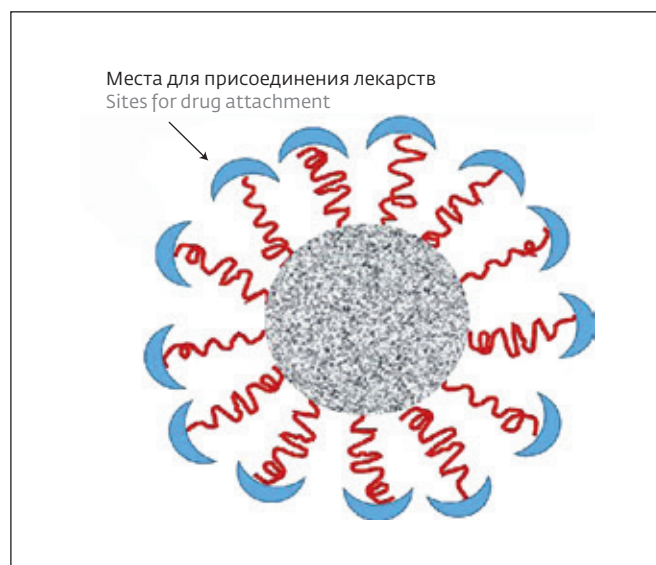


Рис.7. Схема структуры НЧВ как нанотранспортера

Fig.7. Schematic diagram of the VLN structure as a nanotransporter

лекарства связывают с поверхностью наночастиц химическим или физическим способом. Модификация поверхности НЧВ с помощью ПЭГ придает НТр повышенную способность проникать в ткани и органы. Таргетность НЧВ обеспечивается или природой самого вируса, имеющего средство к рецепторам поверхности онкоклеток, или с помощью специальных функциональных прикрепленных к поверхности НЧВ.

### Неорганические нанотранспортеры

К ним относятся углеродные нанотрубки (CNTs) и мезопористые кремниевые структуры (MSNs).

### Углеродные нанотрубки (CNTs)

Это наночастицы углерода, имеющие форму трубки со стенкой и каналом. Углерод в этой трубке связан в многоатомную ассамблею. CNTs являются аллотропной формой углерода и относятся к углеродным материалам под названием фуллерены, которые свертываются в структуру графена, имеющего форму одностенной или мультистенной трубочки (рис.8).

Углеродные нанотрубки имеют наноразмерные (0,4–2 нм) каналы, а длина может в тысячи раз превышать диаметр.

Для получения углеродных нанотрубок используются высокоэнергетические физические методы воздействия на углерод (разряд, лазер, термическая и плазменная возгонка и др.). Углеродные нанотрубки обладают

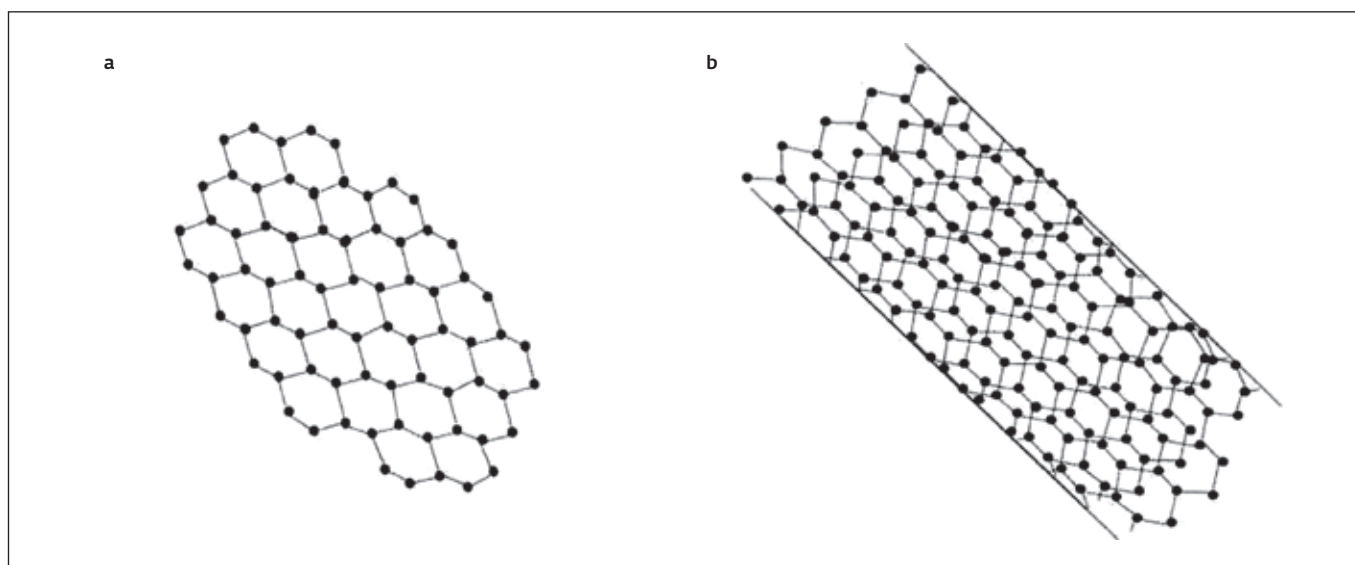


Рис.8. Схема структур (a, b) CNTs как нанотранспортера  
Fig.8. Diagram of CNTs structure (a, b) as a nanotransporter

определенными физическими, физико-химическими и биологическими свойствами, делающими их удобными в качестве контейнеров НТр для включения в них лекарств. CNTs – прочные, легкие структуры, легко проникают в ткани, органы и клетки организма. Главные проблемы при использовании CNTs в медицине – их плохая растворимость и токсичность. Однако с помощью химической модификации поверхности CNTs можно придать им растворимость и снизить токсичность. В этом случае модифицированные CNTs становятся превосходными НТр для таргетных форм лечения рака. В полости CNTs могут быть помещены лекарства (цитостатики) различного вида. Как и в случае других НТр, им могут быть приданы таргетные свойства химическим связыванием (прикреплением) к поверхности специальных функциональных групп (вектора), имеющих средство к рецепторам на поверхности онкоклетки.

#### Мезопористые НТр на основе кремния

Материалы на основе окиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ) находят широкое применение в различных областях медицины.

Среди материалов на основе кремния мезопористые нанотранспортеры (MsNs) занимают весомое место как НТр для доставки и высвобождения лекарств. Благодаря высокой пористости MsNs в эти материалы можно загрузить, доставить и высвободить в патологической зоне организма в большом количестве разнообразные лекарства (рис.9).

применяют полисахариды (альгинаты, хитозан) и белки (коллаген, фиброин и серицин).

Гидрогели на основе биополимеров являются универсальными матриксами, контейнерами и нанотранспортерами для лекарств гидрофобной и гидрофильной органической и неорганической (например, НЧМ) природы.

Композитные депо-материалы на основе гидрогеля биополимеров, наполненные лекарствами и биологически активными материалами, используются практически во всех областях медицины (общие и специальные виды хирургии, онкология, проктология, гинекология, стоматология и др.

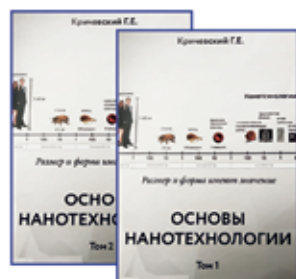
#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние 15–20 лет нанотехнологии (НТ) нашли широкое применение в медицине (химиотерапия, нанодиагностика) и в фармации (онкопрепараты адресного типа). Сформировалось новое направление – наномедицина.

Одним из необходимых элементов использования НТ в медицине являются нанотранспортеры (НТр) – носители лекарственных препаратов. В качестве НТр используются липосомы, дендримеры, полимерные матрицы и мицеллы, углеродные нанотрубки, гидрогели.

В качестве эффективных лечебных препаратов в различных областях медицины (онкология, лечение ран и ожогов, дерматология и др.) используются наночастицы благородных и тяжелых металлов (НЧМ), синтезируемые с помощью растений, экстрактов растений и бактериологически.

Книги профессора, вице-президента НОР, Германа Кричевского, вышедшие в свет в последние годы по теме Нанотехнологии, и представляющие интерес для читателей журнала «Наноиндустрия»



**«Основы нанотехнологии»  
2-х томник**

М., 2022, ГринПринт  
1-й том – 570 с., 2-й том – 726 с.

Рецензия президента нанотехнологического общества России. В первом томе изложены базовые понятия в нанотехнологиях (НТ) и в нанонауке. Рассмотрено существенное, критическое влияние размера и формы наночастиц (НЧ) на их физические, физико-химические, оптические, квантово-физические, физиологические свойства. Приведена классификация НЧ по происхождению (природные, рукотворные), по геометрии. Описаны методы производства НЧ (физические, химические, физико-химические, биотехнологические). Особое внимание уделяется зеленому, природоподобному синтезу НЧ благородных и тяжелых металлов. Специальная глава посвящена методам детекции, анализа, характеристикам НЧ. Описаны свойства получения НЧ различных модификаций углерода (фуллерены, графен, нанотрубки).



**«Зеленые и природоподобные технологии – основа устойчивого развития для будущих поколений»  
3х-томник**

М., 2019, ГринПринт  
1-й том – 416 с., 2-й том – 308 с., 3-й том

Содержание 1-го тома сосредоточено на общих принципах и определениях зеленых и природоподобных технологий, зеленой энергетике, возрождению природных красителей, природных полимеров и зеленой химии.

2-й том. Основная часть касается зеленого биосинтеза наночастиц (НЧ) благородных и тяжелых металлов (с помощью растений, полисахаридов, белков, микроорганизмов). Отдельные главы посвящены зеленым технологиям производства текстиля, защитному текстилю, генно-модифицированному паучьему шелку.

3-й том посвящен главным образом использованию НЧ благородных и тяжелых металлов в различных областях медицины: хирургия, ранозаживление, онкология, биоцидности этих частиц, использованию в микробиологии и вирусологии. Специальные главы описывают свойства и методы производства кристаллической наноцеллюлозы и поверхностно-активных веществ, полученных микробиологическим способом.



**«Бионика»**

М., 2015, Самполиграфист, 151 с.

Бионика- одновременно древняя и молодая технология и наука. Она заключается в изучении природных технологий, лежащих в основе функционирования живой природы (флоры, фауны, простейших организмов), перевод этих технологий на язык современной инженерии и создания рукотворных, природоподобных, чаще всего зеленых технологий. Можно сказать, что в меру своих возможностей человек занимался бионикой всегда, с самого начала цивилизации, когда одомашнивал животных, окультуривал растения.

В настоящее время бионика, т.е. «подражание» природе, проникла во все сферы деятельности человека: бионика в архитектуре, в промышленном дизайне, в робототехнике, генной инженерии, фотосинтезе и др. Эта книга издана не только в России, но и переведена и издана на бти европейских языках.



**«Золь-гель технологии»**

М., 2023, ГринПринт, 255 с.

В первой части описаны химические, коллоидно-химические принципы золь-гель технологии и ее использование в производстве пористых биоактивных стекол. Показана тесная междисциплинарная связь золь-гель технологии с нанотехнологией. Во второй части описаны многочисленные примеры использования золь-гель технологии в производстве современного многофункционального текстиля.



**Структурная беспигментная окраска в природе**

Книга посвящена явлению структурных беспигментных окрасок в природе. В книге описываются физические, оптические механизмы формирования структурной окраски у различных видов растений и животных, химическая природа материалов из которых

строятся эти структуры. Книга представляет широкий интерес для широкого круга читателей: старшеклассники, студенты, аспиранты, преподаватели и научные руководители. Книга перекидывает мостик от природных технологий к рукотворным природоподобным технологиям, находящим применение в современной информатике, колорировании.



**«НБИКС для мира и войны»**

М., 2017, Lambert Head Publ

644р.

В книге с очень емкими по смыслу словами МИР и ВОЙНА показана практически безграничные возможности НБИКС (нано-, инфо-, когни-, социо-) технологий, их работа в мирных целях для решения социальных, гуманитарных, экологических проблем. Ряд глав описывает возможности применения НБИКС – технологий в военных целях в современное время. Книга издана в России и в Германии.



MsNs имеют ряд ценных для медицины свойств: биосовместимость, высокую сорбционную способность благодаря высокой пористости и большой внутренней поверхности, контролируемой пористости (2–50 нм), узким распределением пор по размерам (монопористость), термостойкость, хемостойкость, возможность размещать в MsNs лекарства гидрофильного и гидрофобного характера.

Функционализация внешней поверхности позволяет создавать на основе MsNs лечебные депо – препараты таргетного характера с низкой токсичностью, особенно при химиотерапии онкологических больных. Многие современные цитостатики в комбинации с MsNs дают эффективные противораковые препараты.

### Гибридные органика / неорганика НТр

Этот вид гибридных НТр сочетает в себе преимущества органических и неорганических материалов: функциональность "органики" и высокую развитость поверхности "неорганики", что позволяет получать нанотранспортеры с высокой эффективностью: у них хорошая направленность и возможность загружать большое количество лекарств в НТр, что важно для таргетных лечебных материалов. Примером гибридного типа НТр являются MsNs, покрытые полиэтиленгликолем или MsNs, покрытые двойным слоем липидов. В таком гибридном таргетном препарате можно расположить как гидрофильные (в MsNs), так и гидрофобные (в липидных слоях) лекарства.

### Гидрогелевые матрицы как нанотранспортеры

Гидрогелевые матрицы (ГМ) на основе синтетических и природных полимеров находят широчайшее использование в различных областях медицины. Особое место занимают гидрогели биополимеров как биосовместимые, биodeградируемые материалы.

ГМ на основе биополимеров, наполненные лекарствами различного вида или биологически активными веществами (клетки, ДНК, РНК, ферменты и др.), находят применение в различных выпускаемых формах (инъекционные раневые покрытия, таблетки, капсулы, волокна и др.). В зависимости от выпускаемой формы (диктуется видом заболевания и терапией) используют гидрогели разной степени структурирования и, как следствие, различной вязкости и деформационными свойствами.

В качестве биополимеров для получения гидрогелей могут быть использованы все полисахариды и белки, но наиболее часто в медицине

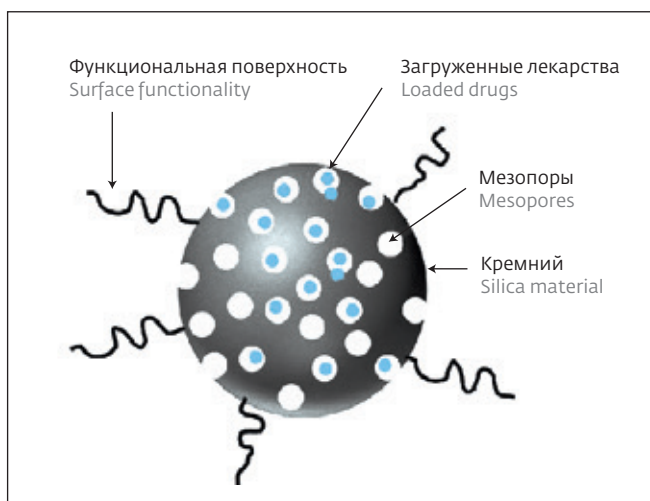


Рис.9. Схема структуры мезопористых нанотранспортеров на основе кремния

Fig.9. Diagram of mesoporous silicon-based nanotransporters structure

Эффективность лечебного действия НЧМ зависит от размера и формы частиц, поверхностных свойств (заряд, потенциал), способа получения и среды, в которой распределены наночастицы.

### ИНФОРМАЦИЯ О РЕЦЕНЗИРОВАНИИ

Редакция благодарит анонимного рецензента (рецензентов) за их вклад в рецензирование этой работы, а также за размещение статей на сайте журнала и передачу их в электронном виде в НЭБ eLIBRARY.RU.

**Декларация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Кричевский Г.Е. Основы Нанотехнологии. В 2-х т. М.: Изд-во Грин Принт, 2021. С. 567–726.
2. Gungor S. Rezigue Nanocars mediated topical drug delivery for psoriasis treatment/Curr Drug Metab. 2017. Vol. 18(5). PP. 454–468.
3. Кричевский Г.Е. НБИКС-НТ технологии для мира и войны. М.: Изд-во МГУ, 2017. С. 112–118.
4. Кричевский Г.Е. "Зеленые" и природоподобные технологии – основа устойчивого развития для будущих поколений. В 3-х т. М.: Грин Принт. Т. 1.
5. Anand S.C. et al. Medical Textile and Biomaterials for Healthcare. CRC Press, 2006.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И НАУК О МАТЕРИАЛАХ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО МАТЕРИАЛАМ И НАНОМАТЕРИАЛАМ  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ИМ. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

## VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НАНОМАТЕРИАЛАМ







**Приглашаем Вас принять участие в VIII–ой  
Всероссийской конференции по наноматериалам**

**21 – 24 НОЯБРЯ 2023 ГОДА**

### **Место проведения**

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова  
Российской академии наук (ИМЕТ РАН),  
г. Москва, Ленинский проспект, д.49.

### **Направления конференции**

-  Фундаментальные основы синтеза нанопорошков
-  Наноструктурные пленки и покрытия в конструкционных и функциональных материалах
-  Объемные наноматериалы
-  Инновационные применения нанотехнологий (энергетика, машиностроение, медицина и др.) и развитие методов аттестации наноматериалов

Регистрация и прием тезисов возможны на сайте конференции в режиме **on – line до 15 сентября 2023 года**.

Сборник докладов конференции НАНО–2023 будет размещен в наукометрической базе РИНЦ.

С подробной информацией Вы можете ознакомиться на сайте конференции **[www.nano.imetran.ru](http://www.nano.imetran.ru)**

Тел.: +7(499) 135 4425  
Факс: +7(499) 135 8680  
E–MAIL: [NANO@IMETRAN.RU](mailto:NANO@IMETRAN.RU)

**[WWW.NANO.IMETRAN.RU](http://WWW.NANO.IMETRAN.RU)**