

УДК 620.3

Гиш Фарида Асланбиевна, студент, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», г. Майкоп

НАНОЧАСТИЦЫ ДЛЯ ЦЕЛЕВОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ

Аннотация

В статье представлен анализ преимуществ и недостатков использования наночастиц для адресной доставки лекарств. Наночастицы – структуры, имеющие выраженную границу и размер от 1 до 100 нм., могут быть созданы из различных материалов. Для транспортировки лекарств используются следующие их виды: липосомы, наночастицы на основе полимеров, углерода и металла. Среди преимуществ использования наночастиц для доставки лекарств выделены следующие: целенаправленное воздействие на повреждённую область; контроль времени, дозы и места доставки; высокая биодоступность; защита от распада и метаболизма; уменьшение риска побочных эффектов. К недостаткам относят: недостаточная изученность процессов биотрансформации в условиях организма, токсичность, иммунные реакции, низкая эффективность инфильтрации ткани.

Annotation

The article presents an analysis of the advantages and disadvantages of using nanoparticles for targeted drug delivery. Nanoparticles are structures that have a pronounced boundary and a size of 1 to 100 nm, and can be created from various materials. The following types of nanoparticles are used for drug delivery: liposomes, polymer-based nanoparticles, carbon-based nanoparticles, and metal-based nanoparticles. Among the advantages of using nanoparticles for drug delivery, the following are highlighted: targeted effect on the damaged area; control of time, dose and place of delivery; high bioavailability; protection from disintegration and metabolism; reduction of the risk of side effects. The disadvantages include: insufficient knowledge of the processes of

biotransformation in the body, toxicity, immune reactions, low efficiency of tissue infiltration.

Ключевые слова: наночастицы, целевая доставка, лекарственные препараты, биодоступность, побочный эффект, иммунные реакции.

Keywords: nanoparticles, targeted delivery, drugs, bioavailability, side effects, and immune reactions.

В современной фармакологии сфера нанотехнологий находится в начальной стадии своего развития и существует в большей части разработок в качестве теоретических идей и проектов. Однако, значение применения наночастиц в медицине становится уже сегодня очевидным. Наноматериалы предоставляют возможность создания новых высокоэффективных препаратов, обеспечивают точечную доставку лекарств, снижают токсичность и побочные эффекты препаратов, облегчают и усовершенствуют диагностику многих заболеваний. В связи с этим, данная тема приобретает особую актуальность и представляет острый интерес для изучения.

Целью данного исследования является анализ преимуществ и недостатков использования наночастиц для адресной доставки лекарств.

Традиционно доставка лекарственных средств происходит перорально или путем внутрисосудистых инъекций. При таком введении лекарств препарат распределяется по всему телу через систему кровообращения и лишь небольшая часть лекарства достигает заданной области организма. Целевая доставка стремится концентрировать препарат в нужных тканях, одновременно снижая концентрацию лекарства в остальных органах.

Это позволяет:

- повысить биодоступность лекарств, улучшая растворимость;
- снизить влияние на организм в целом, целенаправленно воздействуя на повреждённую область;

– создать препараты пролонгированного действия.

Основным средством целевой доставки являются наночастицы. Наночастицы имеют отчетливо выраженную границу и размер от 1 до 100 нм, в научной терминологии это означает одну миллиардную часть метра. Наночастицы могут быть созданы из различных материалов: золота, серебра, полимеров и других. Они классифицируются в зависимости от свойств, способов получения и применения.

Для транспортировки лекарств используются следующие виды наночастиц:

1. Липосомы - это наночастицы, имеющие сферическую форму, созданные из фосфолипидов, заполненные лекарством. Липосомы сходны по химическому составу с природными мембранами клеток, что обеспечивает им высокую биосовместимость и защиту от побочных эффектов. Липосомы легко и быстро разрушаются под действием обычных ферментов. Также, благодаря их полусинтетической природе, они могут переносить широкий круг фармакологически активных веществ. Их используют для транспортировки противоопухолевых препаратов, таких, как, например, «Даунозом» (даунорубицин), «Доксил» (доксорубицин), «Келикс» (доксорубицин), «Амбизом» (амфотерицин В) и другие [4, с. 13]. В липосомы помещают донепезил и ривастигмин, препараты для лечения болезни Альцгеймера. Липосомы могут транспортировать анестетики, противогрибковые препараты, кортикостероиды, антигистамины, вакцины, например, «Церварикс», «Инфлексал» и «Эпаксал» [5, с. 55]. Липосомы также используют для доставки жирных кислот, витаминов и других веществ.

2. Наночастицы на основе полимеров – это структуры, синтезированные из биосовместимых полимеров, таких как полилактид-гликолевая кислота (PLGA), полиэтиленгликоль (PEG). Основное их преимущество – длительное, постепенное и контролируемое высвобождение содержащиеся в них биологически активных веществ, что позволяет использовать низкие дозы и уменьшить количество повторных введений лекарств. Среди недостатков то,

что иммунная система может распознать покрытия наночастиц как чужеродные тела, и начать с ними «бороться». Примерами клинического применения наночастиц на основе полимеров являются:

- доставка противосудорожных препаратов, например, карбамазепина, в виде наночастиц из карбоксиметилхитозана, при интраназальном введении;
- доставка антидотов, таких, как кверцетин, инкапсулированный в наночастицы полилактидгликолида (PLGA), который способен пересекать ГЭБ, что позволяет нивелировать истощение клеток головного мозга при отравлениях;
- доставка анальгетиков - включение бензокаина в полимерные наночастицы (PLGA, PLA, PCL) позволяет пролонгировать обезболивающий эффект по сравнению с обычным препаратом [6, с.33].

3. Наночастицы из углерода - это углеродные нанотрубки и графеновые оксиды. Среди плюсов особого внимания заслуживает их отличная проникаемость в различные ткани организма, высокая огнестойкость, гибкость, прочность. Среди минусов токсичность и канцерогенность. Наночастицы из углерода могут быть использованы для доставки:

- генетического материала (например, ДНК или РНК) в клетки;
- химиотерапевтических средств в опухолевые клетки;
- антибиотиков, например, амфотерицин В [3, с. 25].

4. Металлические наночастицы - это частицы металлов, например, золота, серебра, железа или их оксиды. Обладают уникальными оптическими и магнитными свойствами. Среди недостатков – токсичность, иммунные реакции, при синтезе наночастиц возможны примеси. Примеры применения:

- препарат «Ауримун» используется в качестве носителя для белка фактора некроза опухоли (TNF) в лечении рака;
- терапия Nano-Cancer, суть которой в том, что в опухоль вводят 12-нанометровые наночастицы Fe_3O_4 с защитной оболочкой из полимера аminosилана. Установлено, что комбинированное воздействие магнитного

поля и БИК-излучения создаёт высокое нагревание и эффективно подавляет рост опухоли.

– препарат «Ауролаз» - комбинированные наночастицы из кремния и золота раковиннообразной формы, обёрнутые в оболочку из ПЭГ. Прошёл клинические испытания для фототермической терапии опухолей лёгких, головы и шеи [2, с. 90].

На сегодняшний день существует несколько видов доставки лекарств с помощью наночастиц:

1. Активная доставка осуществляется с помощью направляющего вектора. В качестве вектора используются специфические молекулы на поверхности наночастиц, которые могут связываться с рецепторами на клетках-мишенях. Это моноклональные антитела, лиганды рецепторов, ферменты, гликопротеины.

2. Пассивная доставка основана на способности наночастиц накапливаться в определённых участках организма, например, в опухолевых тканях, за счёт эффекта «проницаемости и удержания».

3. Стимулируемая доставка использует внешние стимулы, такие как температура, свет, магнитное поле или pH, для высвобождения активного вещества из наночастиц [1, с. 5].

Подводя итог, можно констатировать, что использование наночастиц в транспортировке лекарств имеет массу преимуществ перед традиционной системой их доставки. Во-первых, наночастицы можно настроить так, чтобы они отдавали содержимое в определённое время и в нужном месте. Во-вторых, целевая доставка уменьшает риск побочных эффектов. В-третьих, структура наночастиц защищает активные вещества от разрушительного воздействия таких факторов, как желудочная кислота, ферменты, что обеспечивает их более эффективное поступление в клетки.

Но, несмотря на большие возможности использования наночастиц в клинической практике, существует ряд проблем, которые необходимо решить для их эффективного применения. К ним относятся вопросы

биосовместимости, токсичности, а также стандартизации производства и регуляции наночастиц. Кроме того, важной задачей является изучение процессов биотрансформации этих препаратов в условиях организма.

Список литературы

1. Васильев А.В. Наночастицы в биомедицине: перспективы и вызовы // Нанотехнологии в России. 2023. Т. 18. № 1. С. 3-12. URL: <https://naukamirowozreniya.ru/public/202507/application/1753711546989681121/primenenie-nanochastic-v-medicine-ot-diagnostiki-do-terapii.pdf> (дата обращения: 10.01.2026).

2. Ковалев И.А. Металлические наночастицы в диагностике и терапии онкологических заболеваний // Онкология. 2024. Т. 26. № 2. С. 88-95 URL: <https://naukamirowozreniya.ru/public/202507/application/1753711546989681121/primenenie-nanochastic-v-medicine-ot-diagnostiki-do-terapii.pdf> (дата обращения: 10.01.2026).

3. Перспективные наноматериалы с углеродными нанотрубками в биомедицинских приложениях / А.Ю. Герасименко, Л.П. Ичкитидзе, В.М. Подгаецкий, С.В. Селищев // Медицинская техника. 2014. № 6. С. 23-27. URL: <https://elibrary.ru/teuxdf> (дата обращения: 08.01.2026).

4. Свистельник А.В., Ханин А. Л. Липосомальные лекарственные препараты: возможности и перспективы // МвК. 2014. №2. С. 7-14 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/liposomalnye-lekarstvennye-preparaty-vozmozhnosti-i-perspektivy> (дата обращения: 04.01.2026).

5. Толчева Е. В., Оборотова Н. А. Липосомы как транспортное средство для доставки биологически активных молекул // Российский биотерапевтический журнал. 2016. №1. С. 54-61. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/liposomy-kak-transportnoe-sredstvo-dlya-dostavki-biologicheskii-aktivnyh-molekul> (дата обращения: 10.01.2026).

6. Федотова Е.В., Криворотов Д.В., Радилов А.С. Перспективы применения интраназальных наноразмерных полимерных систем доставки

лекарственных препаратов и антидотов в медицине экстремальных ситуаций
// Медицина экстремальных ситуаций. 2024. Т.26 №4. С. 27-37.
[URL:https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-27-37](https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-27-37) (дата обращения:
10.01.2026).

References

1. Vasilyev, A.V. Nanoparticles in Biomedicine: Prospects and Challenges // Nanotechnology in Russia. 2023. Vol. 18. No. 1. pp. 3-12. URL: <https://naukamirowozreniya.ru/public/202507/application/1753711546989681121/primenenie-nanochastic-v-medicine-ot-diagnostiki-do-terapii.pdf> (date of access: 01/10/2026).
2. Kovalev I.A. Metal nanoparticles in the diagnosis and therapy of oncological diseases // Oncology. 2024. Vol. 26. No. 2. Pp. 88-95 URL:<https://naukamirowozreniya.ru/public/202507/application/1753711546989681121/primenenie-nanochastic-v-medicine-ot-diagnostiki-do-terapii.pdf> (accessed: 01/10/2026).
3. Promising nanomaterials with carbon nanotubes in biomedical applications / A.Yu. Gerasimenko, L.P. Ichkitidze, V.M. Podgaetsky, S.V. Selishchev // Medical Technology. 2014. No. 6. Pp. 23-27. URL:<https://elibrary.ru/teuxdf> (accessed: 08.01.2026).
4. Svistelnik A.V., Khanin A.L. Liposomal Medications: Opportunities and Prospects // MvK. 2014. No. 2. Pp. 7-14 URL: - http