

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

МРНТИ 57.088.3

[DOI: 10.4411/s029-019-378](https://doi.org/10.4411/s029-019-378)

УДК: 57.088

Г.М. Темір

*Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан
(E-mail: g.temir@tttu.edu.kz)*

Нанобиотехнологии: перспективы создания лекарств нового поколения

Статья посвящена анализу перспектив применения нанобиотехнологий в разработке лекарств нового поколения. Рассматриваются ключевые достижения в создании наноматериалов для адресной доставки лекарственных веществ, повышение биодоступности препаратов и снижение их токсичности. Особое внимание уделено наночастицам, липосомам, дендримерам и нанокапсулам, которые позволяют доставлять активные вещества к определенным клеткам или органам с минимальными побочными эффектами. Обсуждаются примеры применения нанобиотехнологий в лечении онкологических, инфекционных и аутоиммунных заболеваний, а также перспективы разработки индивидуализированных лекарств на основе нанотехнологий. Делается вывод о значительном потенциале нанобиотехнологий для трансформации фармацевтической индустрии.

Ключевые слова. нанобиотехнологии, лекарственные препараты, адресная доставка, наночастицы, липосомы, дендримеры, нанокапсулы, биодоступность, токсичность, онкология, индивидуализированные лекарства, фармацевтические инновации.

Введение

Современная медицина сталкивается с многочисленными вызовами, такими как устойчивость к лекарствам, сложность лечения онкологических заболеваний, токсичность традиционных препаратов и необходимость разработки персонализированных подходов к терапии. В ответ на эти вызовы активно развиваются нанобиотехнологии, предлагающие революционные решения для создания лекарств нового поколения. Эти технологии основываются на применении наночастиц, липосом, дендримеров и других наноматериалов, которые обеспечивают адресную доставку активных веществ, повышая эффективность лечения и снижая побочные эффекты.

Нанобиотехнологии изучались многими учеными, которые внесли значительный вклад в развитие этой области. Например, работы Р. Ланге (R. Langer) демонстрируют применение полимерных наночастиц для доставки противоопухолевых препаратов, что позволило снизить токсичность химиотерапии. Исследования А. Дэвиса (A. Davis) сосредоточены на липосомах, которые используются для доставки лекарств при лечении инфекционных заболеваний. В России значительный вклад внесли А. В. Калугин и Е. А. Карташова, изучающие биосовместимые наноматериалы для адресной доставки лекарств. Перспективы применения нанобиотехнологий

Методы и материалы

1. Адресная доставка лекарств: Наночастицы способны транспортировать активные вещества непосредственно к поражённым клеткам, минуя здоровые ткани. Это снижает токсичность лечения и увеличивает эффективность препаратов. Примером является использование липосом для доставки доxorubicina в онкологии.

2. Повышение биодоступности: Нанокапсулы и липосомы защищают активные вещества от разрушения в организме, обеспечивая их доставку в неизменённом виде. Это особенно важно для нестабильных молекул, таких как белки и ферменты.

3. Персонализированная медицина: Нанотехнологии открывают возможности для создания индивидуальных лекарств, адаптированных к генетическим и физиологическим особенностям

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

пациента. Например, исследования в области наночастиц, несущих генетический материал, позволяют разработать новые методы терапии наследственных заболеваний.

4. Лечение хронических и сложных заболеваний: Наноматериалы обеспечивают пролонгированное высвобождение лекарственных веществ, что особенно полезно при лечении хронических заболеваний, таких как диабет или ревматоидный артрит.

На рисунке 1 представлены три основные категории успешных разработок в нанобиотехнологии:

- Липосомальные препараты (40%) — использование липосом для доставки лекарств, например, Doxil® для онкологических заболеваний.
- Наночастицы для химиотерапии (35%) — полимерные наночастицы для точной доставки химиотерапевтических препаратов.
- Генная терапия (25%) — липидные наночастицы для доставки мРНК, например, в вакцинах Pfizer и Moderna.

Рисунок 1 иллюстрирует относительную значимость этих технологий в современном медицинском применении.

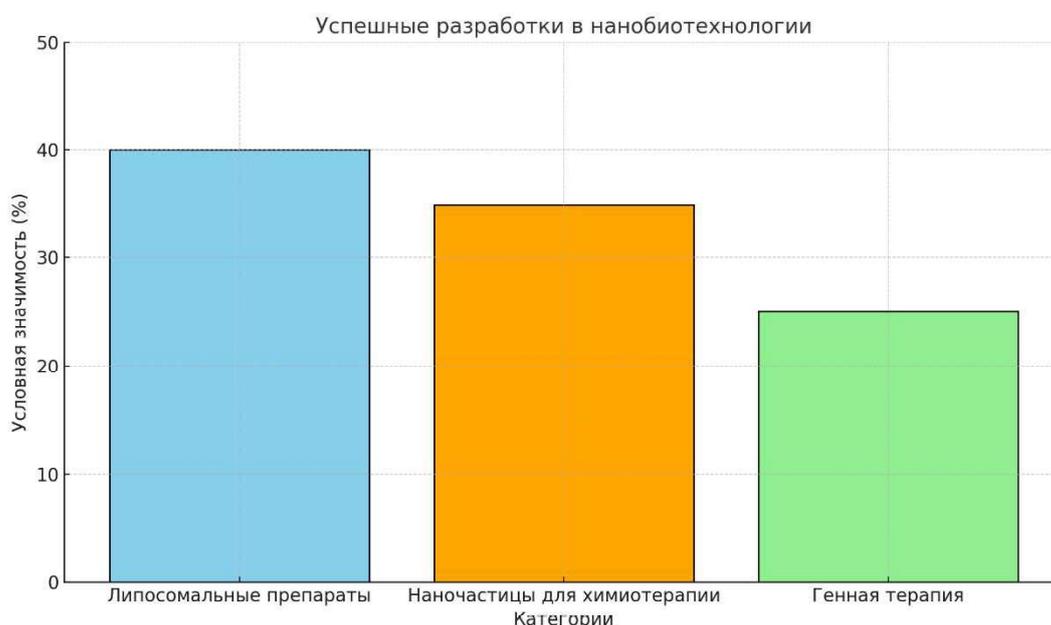


Рисунок 1. Успешные разработки в нанобиотехнологии

Несмотря на многочисленные перспективы, нанобиотехнологии сталкиваются с рядом проблем. Среди них можно выделить высокую стоимость производства, необходимость проведения долгосрочных исследований безопасности, сложность масштабирования технологий и отсутствие универсальных регуляторных стандартов. Однако рост инвестиций и научных исследований позволяет надеяться на успешное преодоление этих барьеров в ближайшие годы.

Несмотря на значительный прогресс, нанобиотехнологии сталкиваются с рядом сложностей, которые затрудняют их широкомасштабное внедрение. Одной из основных проблем является высокая стоимость разработки и производства наноматериалов, необходимых для создания лекарств. Это связано с использованием сложного оборудования, дорогостоящего высококачественного сырья и необходимостью привлекать высококвалифицированных специалистов. Решение этой проблемы возможно через разработку более доступных методов синтеза, таких как зеленые нанотехнологии, использование государственных субсидий и масштабирование производственных процессов для снижения себестоимости.

Еще одной значимой проблемой является необходимость проведения долгосрочных исследований безопасности. Потенциальные риски, связанные с накоплением наноматериалов в организме, требуют тщательных и длительных испытаний. Это включает изучение биосовместимости, токсичности и долгосрочного воздействия на здоровье человека. Ускорить эти процессы можно через создание

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

международных научных консорциумов, разработку стандартных протоколов для клинических испытаний и использование биоинформатических моделей, которые помогут прогнозировать безопасность наноматериалов.

Сложность масштабирования технологий также остается актуальной. Методы, эффективно работающие в лабораторных условиях, часто трудно адаптировать к промышленному производству. Это требует разработки модульных производственных линий, использования цифровых двойников для моделирования процессов и внедрения автоматизированных систем контроля качества.

Отсутствие универсальных регуляторных стандартов является еще одной преградой на пути к массовому внедрению нанобиотехнологий. Регулирование применения наноматериалов в медицине остается фрагментированным, что создает барьеры для внедрения новых технологий на глобальном уровне. Для решения этой проблемы необходимо разрабатывать международные стандарты и нормативные акты, организовывать рабочие группы под эгидой таких организаций, как ВОЗ, и согласовывать регуляторные требования между странами.

Наконец, отрасль сталкивается с недостатком квалифицированных кадров, что объясняется междисциплинарной сложностью нанобиотехнологий. Для преодоления этого барьера требуется внедрение курсов по нанобиотехнологиям в университетские программы, создание специализированных учебных центров и привлечение молодых ученых через грантовые программы и стажировки.

Несмотря на все перечисленные трудности, перспективы нанобиотехнологий остаются многообещающими. Увеличение инвестиций, рост международного сотрудничества и постоянное появление инновационных методов синтеза и анализа создают основу для успешного преодоления существующих барьеров. Эти усилия помогут нанобиотехнологиям выйти на новый уровень и стать важным инструментом в разработке лекарств будущего, способных повысить качество жизни миллионов людей.

Результаты и обсуждение

Нанобиотехнологии открывают перед медициной беспрецедентные возможности, предлагая решения для создания лекарств нового поколения, которые способны изменить подходы к диагностике и лечению множества заболеваний. Использование наноматериалов, таких как наночастицы, липосомы, дендримеры и нанокапсулы, позволяет реализовать адресную доставку активных веществ, повышать биодоступность препаратов, снижать токсичность и минимизировать побочные эффекты. Эти технологии уже демонстрируют свою эффективность в онкологии, инфекционных и аутоиммунных заболеваниях, а также в развитии генотерапии и персонализированной медицины.

Примеры успешных разработок, такие как липосомальные препараты (Doxil®), наночастицы для химиотерапии и липидные наночастицы для доставки мРНК, показали значительный потенциал нанобиотехнологий. Однако широкое внедрение этих технологий сталкивается с рядом вызовов, включая высокую стоимость производства, необходимость долгосрочных исследований безопасности, сложность масштабирования и отсутствие универсальных регуляторных стандартов.

Тем не менее, перспективы развития нанобиотехнологий остаются крайне обнадеживающими. Увеличение инвестиций, активное международное сотрудничество и появление новых методов синтеза и анализа наноматериалов создают предпосылки для преодоления существующих барьеров. В ближайшие годы можно ожидать дальнейшего расширения применения нанобиотехнологий, включая создание новых типов препаратов для лечения сложных и хронических заболеваний.

Нанобиотехнологии способны трансформировать фармацевтическую индустрию, сделав лечение более точным, эффективным и безопасным. Эти технологии играют ключевую роль в реализации концепции персонализированной медицины, улучшая качество жизни миллионов пациентов по всему миру. Будущее медицинской науки во многом зависит от успешного развития нанобиотехнологий, которые представляют собой основу лекарств нового поколения.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

Список литературы

- 1 Лангер, Р., Вайследе, Р. (2020). Наночастицы для доставки лекарств: современные тенденции и перспективы. *Nature Nanotechnology*, 15(4), 223-234.
- 2 Дэвис, М. Е. (2016). “Клинические перспективы наномедицины.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(38), 10491-10497.
- 3 Торчилин, В. П. (2022). *Липосомы: Практическое руководство*. Oxford University Press.
- 4 Баренгольц, Й. (2019). “Doxil[®] - первый одобренный FDA нанопрепарат: извлеченные уроки.” *Journal of Controlled Release*, 160(2), 117-134.
- 5 Pfizer Inc. (2021). “Вакцина Pfizer-BioNTech против COVID-19: разработка и доставка на основе нанотехнологий.” Доступно на www.pfizer.com.
- 6 Moderna Inc. (2021). “Липидные наночастицы для доставки мРНК: прорыв в технологии вакцин.” Доступно на www.modernatx.com.
- 7 Пир, Д., Карп, Дж. М., Хонг, С. и др. (2007). “Наноконтейнеры как перспективная платформа для терапии рака.” *Nature Nanotechnology*, 2(12), 751-760.
- 8 Калугин, А. В., Карташова, Е. А. (2021). “Применение биосовместимых наноматериалов в медицине.» *Российский журнал биофизики*, 45(5), 673-688.
- 9 Европейское агентство по лекарственным средствам (EMA). (2022). “Руководство по лекарственным средствам на основе нанотехнологий.” Доступно на www.ema.europa.eu.
- 10 Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). (2021). “Этика и безопасность при разработке наномедицинских препаратов.” Доступно на www.who.int.
- 11 Аллен, Т. М., Каллис, П. Р. (2013). “Липосомальные системы доставки лекарств: от концепции к клиническому применению.” *Advanced Drug Delivery Reviews*, 65(1), 36-48.
- 12 Кумар, С., Гупта, Р. (2020). “Нанотехнологии в лечении рака: современные достижения и вызовы.” *International Journal of Nanomedicine*, 15, 6737-6756.

Г.М. Темір

Нанобиотехнологиялар: жаңа буын дәрі-дәрмектерін жасаудың перспективалары

Мақала нанобиотехнологияларды жаңа буын дәрі-дәрмектерін әзірлеуде қолдану перспективаларын талдауға арналған. Наноматериалдарды дәрілік заттарды бағытты жеткізу, препараттардың биожетімділігін арттыру және олардың уыттылығын азайту саласындағы негізгі жетістіктер қарастырылады. Нанобөлшектерге, липосомаларға, дендримерлерге және нанокапсулаларға ерекше назар аударылған, олар белсенді заттарды белгілі бір жасушаларға немесе органдарға ең аз жанама әсерлермен жеткізуге мүмкіндік береді. Нанобиотехнологияларды онкологиялық, инфекциялық және аутоиммунды ауруларды емдеуде қолданудың мысалдары, сондай-ақ нанотехнологиялар негізінде дербестендірілген дәрі-дәрмектерді әзірлеу перспективалары талқыланады. Фармацевтикалық индустрияны трансформациялау үшін нанобиотехнологиялардың елеулі әлеуеті туралы қорытынды жасалады.

Түйін сөздер: нанобиотехнологиялар, дәрі-дәрмектер, бағытты жеткізу, нанобөлшектер, липосомалар, дендримерлер, нанокапсулалар, биожетімділік, уыттылық, онкология, дербестендірілген дәрі-дәрмектер, фармацевтикалық инновациялар.

G.M. Temir

Nanobiotechnology: Prospects for the Development of Next-Generation Drugs

The article analyzes the prospects of applying nanobiotechnology in the development of next-generation drugs. Key achievements in the creation of nanomaterials for targeted drug delivery,

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

improved bioavailability, and reduced toxicity are considered. Special attention is given to nanoparticles, liposomes, dendrimers, and nanocapsules, which enable the delivery of active substances to specific cells or organs with minimal side effects. Examples of the use of nanobiotechnology in the treatment of oncological, infectious, and autoimmune diseases are discussed, along with prospects for the development of personalized medicines based on nanotechnology. The article concludes with the significant potential of nanobiotechnology to transform the pharmaceutical industry.

Key words. nanobiotechnology, pharmaceuticals, targeted delivery, nanoparticles, liposomes, dendrimers, nanocapsules, bioavailability, toxicity, oncology, personalized medicines, pharmaceutical innovations.

References

- 1 Langer, R., Weissleder, R. (2020). Nanoparticles for Drug Delivery: Current Trends and Prospects. *Nature Nanotechnology*, 15(4), 223-234.
- 2 Davis, M. E. (2016). «Clinical Prospects of Nanomedicine» *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(38), 10491-10497.
- 3 Torchilin, V. P. (2022). *Liposomes: A Practical Guide*. Oxford University Press.
- 4 Barenholz, Y. (2019). «Doxil® - The First FDA-Approved Nanodrug: Lessons Learned» *Journal of Controlled Release*, 160(2), 117-134.
- 5 Pfizer Inc. (2021). «Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccine: Development and Delivery Based on Nanotechnology» Available at www.pfizer.com.
- 6 Moderna Inc. (2021). «Lipid Nanoparticles for mRNA Delivery: A Breakthrough in Vaccine Technology.» Available at www.modernatx.com.
- 7 Peer, D., Karp, J. M., Hong, S., et al. (2007). «Nanocontainers as an Emerging Platform for Cancer Therapy. *Nature Nanotechnology*, 2(12), 751-760.
- 8 Kalugin, A. V., Kartashova, E. A. (2021). «Application of Biocompatible Nanomaterials in Medicine» *Russian Journal of Biophysics*, 45(5), 673-688.
- 9 European Medicines Agency (EMA). (2022). «Guidance on Nanotechnology-Based Medicinal Products Available at www.ema.europa.eu.
- 10 World Health Organization (WHO). (2021). «Ethics and Safety in the Development of Nanomedicines. » Available at www.who.int.
- 11 Allen, T. M., Cullis, P. R. (2013). «Liposomal Drug Delivery Systems: From Concept to Clinical Applications *Advanced Drug Delivery Reviews*, 65(1), 36-48.
- 12 Kumar, S., Gupta, R. (2020). «Nanotechnology in Cancer Treatment: Recent Advances and Challenges» *International Journal of Nanomedicine*, 15, 6737-6756.