Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России

Кафедра фармации с курсом ПО

Реферат

на тему

Применение нанотехнологий в создании новых лекарственных препаратов

Выполнил:

ординатор кафедры фармации с курсом ПО

специальности 33.08.03 Фармацевтическая химия и фармакогнозия

Кунц Роман Константинович

Красноярск

2023

Оглавление

[**1.** **Введение** 2](#_Toc135591307)

[**2.** **Современные достижения в интеграции нанотехнологий с медициной и фармацией** 4](#_Toc135591308)

[**3.** **Характеристика вспомогательных веществ, прпменяемых в производстве наноразмерных носителей** 7](#_Toc135591309)

[**4.** **Контроль качества наноразмерных систем доставки лекарственных веществ** 11](#_Toc135591310)

[**5.** **Перспективы и проблемы нанофармакологии** 15](#_Toc135591311)

[**6.** **Заключение** 18](#_Toc135591312)

[**7.** **Список литературы** 19](#_Toc135591313)

# **Введение**

Без малейшего преувеличения, начало XXI века проходит под знаком нанотехнологий. Нанотехнологии представляют совокупность приемов и методов, применяемых при изучении, производстве и использовании наноструктур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, взаимодействия и интеграции составляющих их наномасштабных элементов (1-100 нм), для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами.

Приставка нано, пришедшая из греческого языка (nanos - гном), означает одну миллиардную долю (1нм=10-9 м). Новые соединения и вещества, полученные с помощью нанотехнологий, имеют особую привлекательность для фармакологии, основной задачей которой является поиск новых эффективных лекарственных средств [1,5].

На сегодняшний день нанотехнологии широко применяются для точечной доставки лекарственных средств, что является особенно актуальным для терапии онкологических заболеваний, патологии нервной и сердечно-сосудистой систем, в спортивной медицине.

Направленный транспорт лекарств в очаг развития патологического процесса позволяет добиться повышения эффективности уже существующей лекарственной терапии. Для нее служат нанокапсулы (стелс-липосомы) или векторы для генной терапии (вирусные и невирусные). В настоящее время в экспериментальной и клинической фармакологии используют дендримеры (обладающие антибластомным действием, выступают в роли транспортеров лекарственных средств); липосомы (обладают антиагрегантным и антиоксидантным действием, повышают биодоступность и транспортируют лекарства); нанокластеры (обладают антиоксидантным действием, повышают синтез АТФ, усиливают восприимчивость к лекарствам, ускоряют биохимические реакции и метаболизм лекарств в организме) [2,3].

На место наиболее вероятного средства целевой доставки лекарственных препаратов претендуют дендримеры, имеющие ветвящееся строение, к которым можно прикрепить определённое количество различных видов молекул. Так, например, первая группа молекул будет непосредственно бороться с болезнью, в то время как остальные займутся, так сказать, обеспечением процесса: помогут отследить лекарство в организме, выступит в качестве химического триггера, высвобождающего препарат по команде извне, а также будут посылать сигналы о результатах лечения. В данный момент некоторые нанопрепараты уже получили одобрение при лечении различных заболеваний, причём в первую очередь это касается серии препаратов, предназначенных для лечения онкологических заболеваний.

Преимуществами дендримеров являются предсказуемость, контролируемость, возможность воспроизводить размеры макромолекул с большой точностью, наличие в макромолекулах пор и каналов, которые имеют хорошо воспроизводимую форму и размеры [2].

Примером нанокапсул являются липосомы, которые нетоксичны и биодеградируемы; их мембрана может сливаться с клеточной мембраной и обеспечивать доставку содержимого в клетку. Липосомы представляют собой наночастицы шаровидной формы, ограниченные билипидной мембраной, в полости которой находится водная среда. Активное вещество может располагаться в ядре липосомы (водорастворимые вещества) или в ее липидной оболочке (жирорастворимые вещества). Несмотря на то, что размеры липосом могут быть очень вариабельными, большинство липосом имеют диаметр менее 400 нм [2-4].

# **Современные достижения в интеграции нанотехнологий с медициной и фармацией**

Современная фармацевтическая наука уже может похвастаться целым рядом успешных примеров использования достижения нанотехнологии как при создании лекарственных средств с направленной доставкой, так и при их анализе. На мировом фармацевтическом рынке намечается постоянный тренд роста инновационной научно-исследовательской активности. Заграничный рынок постоянно наполняется оригинальными лекарственными средствами, в отличие от российского рынка.

В конце ХХ – начале ХХI вв. на основе хорошо известных лекарственных веществ созданы препараты, обладающие новыми свойствами. Традиционные лекарственные формы не обеспечивают доставку внутрь целевых клеток. Эту задачу решают наноносители, с помощью которых возможен целенаправленный транспорт в орган-мишень или ткань-мишень, что является одним из базовых элементов технологии контролируемого высвобождения лекарственного вещества.

В отличие от макро- и микрокапсул (размером 10–500 мкм), например желатиновых, наноносители предназначены не только для перорального, но и для внутривенного (транспорт к органам-мишеням либо длительная циркуляция в кровяном русле) , внутримышечного, инъекционного введения. Кроме того, возможно ингаляционное и интраокулярное введение наноносителей, а также интра- и трансдермальная подача лекарственных веществ с их помощью. Другими немаловажными достоинствами нанопрепаратов являются снижение токсического эффекта действующего вещества, уменьшение разовой дозы и развития резистентности. С использованием ряда наноносителей можно решить проблему биодоступности малорастворимых веществ.

Следующим актуальным направлением в развитии нанотехнологий является разработка инновационных подходов в диагностике и терапии отдельной патологической клетки или их группы. Развитие этого направления займет некоторое время, оно является более перспективным. В ближайшие годы ожидается также бурное развитие биомедицинской лабораторной диагностики, которая позволит добиться ясного и более быстрого, прикроватного, тестирования целого комплекса обследований больных.

Можно привести большое число актуальных примеров изучения свойств наночастиц для лечения и профилактики заболеваний. Обнаружено, что применение наночастиц серебра и висмута может оказаться полезным при лечении таких заболеваний, как трофические язвы (время заживания раны сокращается в несколько раз), гнойный остеомиелит, бактериальный вагиноз, различного вида ожоги, заболевания ЛОР-органов.

В ряде направлений наномедицины также достигнуты существенные результаты. Это нашло отражение прежде всего в медицинском материаловедении и дезинфекции. Так, например, материалы с наночастицами серебра, обладающие антибактериальными свойствами, применяются в виде красок, бесхлорных средств дезинфекции, перевязочных материалов, лака для покрытия катетеров и т.д.

Применение нанотехнологии позволяет качественно поднять эффективность многих видов медицинской деятельности. В частности, они позволяют создать материалы, обладающие повышенной биосовместимостью с кровью, живыми тканями и физиологическим раствором человеческого организма. Потребность в качественных имплантантах только для сердечно-сосудистой хирургии исчисляется 3–4 млн шт. в год.

Формирование биосовместимых границ раздела медицинского материала-имплантанта с живыми компонентами организма человека (кровь, плазма крови, физиологический раствор, лимфа и т.д.) требует создания морфологической структуры поверхности имплантанта с такими размерами активных элементов поверхности, которые соответствуют размерам структур этих живых компонентов, т.е. в наномасштабном диапазоне. Соединение нанотехнологии и достижений генной инженерии открывает революционные возможности для регенерирования тканей. Для создания биоискусственных органов и тканей используются матриксы (носители) для клеток на основе наночастиц.

Говоря о создании новых лекарственных форм, следует отметить, что множество разработок движутся по пути конструирования наносистем, способных доставлять лекарственное средство непосредственно к клеткам-мишеням и органам. Благодаря улучшенному транспорту лекарственных средств в очаг развития патологического процесса возникает возможность добиться повышения эффективности уже существующей лекарственной терапии. Совокупный объем продаж в США разного рода лекарственных средств с системой улучшенной доставки на сегодняшний день составляет 20% от всеобщего объёма рынка фармацевтических препаратов.

Эмпирический анализ экономического развития нанотехнологии, безусловно, начинается с исследования перспектив рынка. В случае нанотехнологии в целом эти перспективы сильно варьируются и зависят от конкретных целей. Здесь следует иметь в виду, что реальное положение дел нелегко оценить и практически невозможно заранее спрогнозировать. Однако история развития и внедрения нанотехнологии на медицинский и фармацевтический рынки позволяет предвосхищать очередные шаги в этом направлении.

Благодаря междисциплинарному характеру и особой значимости для фармацевтики и медицины нанотехнологии могут легко опередить традиционные биотехнологии и даже достичь того уровня развития, который характерен сегодня для информационных и коммуникационных технологий. В будущем можно спрогнозировать рост числа нанотехнологических компаний.[6]

# **Характеристика вспомогательных веществ, прпменяемых в производстве наноразмерных носителей**

Вспомогательные вещества (ВВ) – это дополнительные вещества органической или неорганической природы, используемые для изготовления лекарственных форм (ЛФ) с целью её стабилизации или придания особых технологических и органолептических свойств.

Выбор ВВ должен осуществляться с учетом их влияния на стабильность и на биофармацевтические характеристики готового препарата. При разработке новых ЛФ проводят подбор ВВ индивидуально для каждого препарата с учетом возможного их влияния на физико-химические свойства ЛВ и на их терапевтическую эффективность.

В результате взаимодействия ЛВ и ВВ на стадии приготовления и в процессе хранения могут образовываться токсические соединения и снижаться терапевтическая эффективность ЛП. ВВ определяют не только вид и характеристики ЛФ, но и интенсивность высвобождения ЛВ из соответствующей ЛФ, а также динамику поступления ЛП в организм больного человека.

При использовании ВВ можно регулировать фармакодинамику ЛВ (совокупность эффектов, вызываемых ЛВ) и их фармакокинетику (изменение во времени концентрации ЛВ в органах и тканях). Правильным подбором ВВ можно локализовать действие ЛП.

ВВ обладают определенными физико-химическими свойствами и в зависимости от природы субстанции могут усиливать, снижать, изменять характер действия ЛВ под влиянием различных причин и сочетаний (комплексообразование, адсорбция, молекулярные реакции), в результате этого изменяется скорость и полнота всасывания ЛВ.

Правильный выбор ВВ позволяет снизить концентрацию ЛВ при сохранении терапевтического эффекта. При выборе ВВ учитываются их функциональное назначение, обеспечение биодоступности, технологические свойства, экономичность и доступность. Таким образом, главная роль ВВ сводится к модификации фармакокинетики ЛВ и только затем к формообразованию.

Требования предъявляемые к ВВ:

- соответствие назначению ЛФ и максимальное проявление своих качеств;

- количество ВВ, за исключением растворителей, основ и наполнителей в ЛФ должно быть оптимальным (минимальным);

- обеспечение проявления необходимого фармакологического действия ЛВ с учетом его фармакокинетики;

- отсутствие отрицательного влияния на органолептические свойства ЛП;

- технологичность и стабильность;

- биологическая безвредность (отсутствие токсического, раздражающего, аллергического действия);

- отсутствие взаимодействия с ЛВ, тароукупорочными материалами и технологическим оборудованием;

- химическая и микробиологическая чистота;

- экономическая доступность;

- возможность производства промышленностью.

К ВВ относятся различные классы веществ, общим для которых является обеспечение определенных технологических функций при изготовлении ЛП.

Одним из требований к составу ЛП является функциональная обоснованность применения ВВ. С точки зрения нанотехнологии ВВ – вещество, используемое для изготовления дозированной ЛФ, а также субстанции с целью ее стабилизации или придания ей особых технологических или органолептических свойств.

При производстве наноразмерных носителей к ВВ предъявляться требования:

- соответствие медицинскому назначению ЛП, т. е. обеспечение проявления надлежащего фармакологического действия ЛВ и особенностей его фармакокинетики;

- ВВ не должны влиять и изменять биологическую доступность ЛВ;

- используемые количества ВВ должны быть биологически безвредны и биосовместимы с тканями организма;

- соответствие формообразующих свойств изготовляемой ЛФ.

ЛФ, полученные методами фармацевтической нанотехнологии, обеспечат возможности контролирования распределения и высвобождения ЛВ на тканевом, клеточном и внутриклеточном уровнях. Осуществление данной задачи позволит приблизиться к возможности проведения нацеленной непосредственно на фармакологические мишени терапии целого ряда заболеваний.

Использование в фармацевтической технологии разнообразных ВВ, обладающих различным спектром свойств, позволяет значительно упростить технологию наносистем, механизировать процессы производства, улучшить свойства готовых ЛФ на основе наноразмерных систем.

Существует большое количество групп ВВ, применяемых с этими целями в фармацевтической нанотехнологии, а также значительное число классификаций, разработанных на их основе. В зависимости от назначения ВВ, используемые в производстве наночастиц, подразделяются на группы: матрицеобразователи, осмотические агенты, буферные растворы, криопротекторы, растворители, поверхностно-активные вещества и другие.

Номенклатура вспомогательных веществ, применяемых в производстве наноразмерных носителей, представлена в таблице 1 (Приложение). Системы доставки ЛВ в нанопрепаратах должны обладать определенными свойствами:

- должны отличаться высокой степенью чистоты и гомогенности, как по составу, так и по размеру частиц;

- должны быть полностью биосовместимы, т. е. не вызывать нежелательных побочных реакций ни в месте введения, ни в организме в целом, причем продукты их биодеградации также должны быть биологически инертными;

- высвобождение ЛВ должно протекать с требуемой скоростью.

В настоящее время ведется поиск и изучение свойств наноразмерных систем доставки лекарственных средств (ЛС) и новых ВВ, отвечающих всем требованиям фармацевтической нанотехнологии[7].

# **Контроль качества наноразмерных систем доставки лекарственных веществ**

К основным характеристикам наноструктурных материалов относятся: кристаллическая структура, морфология кристаллов (зерен), средний размер кристаллов и их распределение по размерам, степень однородности элементарного состава по объему материала, термическая стабильность наноразмерной структуры, пористость.

Для исследования наноразмерных систем применяются общие методы, что и для исследования обычных кристаллических материалов. Однако у наноматериалов существует особая специфика, которая заключается в предъявлении повышенных требований к разрешающей способности методов, а именно возможность исследовать участки поверхности образцов с размерами менее 100–200 нм.

Для дисперсных систем важным параметром определения является устойчивость системы при заданных условиях. Далее определяют размер частиц и распределение размера, форму частиц и распределение формы.

Микроскопия наноструктур. Самым прямым путем получения информации о размере частиц, а так-же об их форме, и распределении в размере и форме, является использование прямой визуализации с помощью микроскопических методик. Используемые методики: электронная микроскопия, флуоресцентная микроскопия, световая микроскопия, различные растровые анализаторские микроскопии. Какая из этих методик подходит для анализа определенной системы зависит от системы, и от размера частиц.

Так, для частиц меньше 1 мкм, световая микроскопия не обеспечивает достаточной точности. Электронная или растровая микроскопия, должны быть применены для мягких систем (дисперсии микрогелей), растровая анализаторская микроскопия может осложняться из-за механических причин.

В результате микроскопии – информация о размере и форме частиц получается напрямую, что позволяет получить перспективную структурную информацию не только о самих частицах, но также о структуре агрегатов, образованных из частиц.

Необходимо сделать большое число микроскопических изображений для обеспечения статистической значимости. Это делает методики количественной микроскопии длительными.

Микроскопические изображения двухмерные, тогда как интересующие системы доставки в основном трехмерные, существует риск, что микроскопические картинки повреждаются явлениями проекции.

Наноиндентирование. Для исследования механических свойств различных материалов в нанометровом диапазоне широко применяется специальный метод определения микротвердости вещества – наноиндентирование (от англ. «indent» – выдалбливать, образовывать выемку).

Большинство веществ в наноформе значительно отличаются по химическим свойствам от своего макроскопического состояния, изменяется их каталитическая активность. Это объясняется тем, что удельная площадь поверхности (доля поверхностных атомов) и следовательно, механические свойства (твердость, пластичность, упругость) у нанообъектов значительно выше, чем у веществ в обычном состоянии. Большинство материалов в субмикронных масштабах очень прочные, подобные алмазу, даже если в обычном состоянии являются мягкими материалами. В условиях наноконтакта твердость материала может во много раз превышать его макроскопическую твердость. Особенно сильно это проявляется в областях с характерными размерами менее 100 нм.

Наноиндентирование основано исключительно на механическом воздействии на исследуемую поверхность и не требует визуализации ее рельефа. Метод очень прост и заключается в прецизионном погружении зонда в поверхность образца на глубину нескольких нм и непрерывной регистрации прилагаемого усилия. Затем по этим данным строится диаграмма «сила давления – глубина погружения», из которой можно извлечь десятки параметров, характеризующих материал на нанометровом уровне.

Нановесы. Для работы с микроскопическими телами в Технологическом институте штата Джорджия (США) группа физиков создала самые чувствительные и самые маленькие в мире весы. Они состоят из тонкой УНТ длиной около 4 микрон, которая является чашкой весов. Если один конец УНТ закрепить и подвести электрический ток, то заряд сконцентрируется на ее втором конце, что вызовет изменение его первоначального положения. Меняя постепенно частоту электрического тока, можно добиться резонанса с частотой колебания трубки.

При помещении на свободный конец УНТ молекулы вещества, интенсивность ее колебания изменится прямо пропорционально весу молекулы. Чтобы измерить изменения колебаний трубки, применяется высокоточное лазерное оборудование. Для осуществления измерений необходимо откалибровать нанотрубку, замерить ее свободное колебание, а затем производить взвешивание. Если известна упругость нанотрубки, то можно по смещению резонансной частоты определить массу частицы. Присоединенная масса может быть определена путем простого вычисления.

На нановесах можно взвесить объект массой около 10-15 г. Нанотрубочные весы нашли широкое применение для измерения массы бактерий, клеток, биомолекул и других биологических объектов. Спектральные методы исследования. Для изучения наноструктур важно знать не только их массу или расположение атомов, но и то, из чего они состоят. Определять химический состав образцов, т. е. содержание в них атомов тех или иных элементов, позволяют методы спектроскопии, использующие различные приборы для исследования спектров излучения, поглощения, отражения, рассеяния.

Спектр – это распределение интенсивности электромагнитного излучения по длинам волн. Изменение энергетических уровней электронов в атомах сопровождается испусканием или поглощением фотонов различной частоты. Зная, какие частоты (спектральные линии) соответствуют атомам химических элементов, можно по спектру определить его состав.

Современные спектрометры позволяют одновременно исследовать спектры испущенного объектом излучения, люминесценции, рассеяния света, излучения, отраженного поверхностью объекта и излучения, прошедшего через образец. Это дает огромное количество информации не только о составе образца, но и о происходящих в нем квантовых процессах.

С помощью спектрометра можно узнать не только состав, но и количество наночастиц. Известно, что наночастицы в растворе имеют примерно одинаковый размер, но с течением времени слипаются в более крупные комочки и оседают. Соответственно, их количество в растворе постепенно уменьшается. По интенсивности спектральных линий, соответствующих материалу наночастиц, можно рассчитать концентрацию соответствующих атомов в растворе. Разделив ее на количество атомов в наночастице, получают количество наночастиц на кубический сантиметр раствора.

К спектральным методам относят методы исследования поверхности твердых тел, основанные на анализе энергетических спектров отраженных излучений, возникающих при облучении изучаемого материала электронами, ионами и фотонами. Так, например, широко применяемый метод рентгеноспектрального микроанализа имеет при количественном анализе диаметр анализируемого участка на образце не более 1–2 мкм, а метод рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия – 2–10 мм. Наиболее перспективными, информативными и иллюстративными методами являются электронная масс-спектроскопия вторичных ионов[7].

# **Перспективы и проблемы нанофармакологии**

В фармакологии наноматериалы возможно использовать в нескольких направлениях:

1) целевая доставка лекарств в определенные органы и клетки-мишени;

2) пролонгирование действия лекарственных веществ;

3) улучшение фармакологических свойств известных препаратов и создание новых (снижение эффективной дозы и системной токсичности);

4) применение наночастиц в качестве самих лекарств;

5) создание синтетических саморазмножающихся геномов.

В многочисленных исследованиях в качестве транспортеров лекарств использовали полимерные мицеллы, дендримеры, фуллерены, полимерные и керамические наночастицы, «клетки» из протеинов, наночастицы оболочек вирусов, липосомы и др. В этих случаях лекарства инкапсулировали, связывали ковалентно или абсорбировали на указанных частицах. Основной целью является повышение растворимости лекарств, что облегчает их доставку в организме. В ряде работ субстанцию измельчали с последующей стабилизацией и покрытием частиц, что вело к формированию нанокристаллов с возможностью их введения как внутрь (через рот), так и внутривенно.

Еще одной возможностью использования наночастиц является транспорт лекарств к специфическим клеткам или непосредственно к определенным рецепторам, который может регулироваться или активироваться путем изменения кислотности среды, химических стимулов и др. Особое значение развитие систем доставки на основе наноносителей имеет для лекарств, направленных на лечение онкозаболеваний, сахарного диабета, болезни Альцгеймера и Паркин-сона, заболеваний сердечно-сосудистой системы, а также противомикробных и противовирусных препаратов, генных препаратов и вакцин.

Другим направлением использования наночастиц может являться пролонгирование действия лекарств. Использование НЧ может замедлить процессы элиминации лекарств из крови и продлить циркуляцию и контролировать высвобождение препарата, в частности, при сосудистых заболеваниях и опухолевом росте, когда присутствуют нарушения ангио-генеза. Кроме того, наночастицы могут использоваться для визуализации сосудистых кровотечений, а в перспективе даже в качестве искусственных клеток крови (респироциты, клоттоциты).

Таким образом, основными функциями систем носителей для доставки лекарственных средств (ЛС) являются:

1) доставка ЛС к специфическим камерам организма;

2) доставка ЛС к недоступным ранее местам действия;

3) предупреждение нежелательного распределения ЛС и побочных эффектов, связанных с этим;

4) предупреждение преждевременной метаболической инактивации ЛС;

5) обеспечение контроля высвобождения и действия ЛС на уровне фармакологической мишени.

Следующим важным аспектом разработок в области нанофармакологии является улучшение фармакологических свойств известных препаратов и создание новых средств со снижением эффективной дозы и системной токсичности. Так микронизация противодиабетического препарата «Глибенкламид» (манинил) дала возможность использовать его в гораздо меньших дозах по сравнению с обычными лекарственными формами.

Перспективным направлением в этой области является клатрирование известных лекарств, то есть создание лекарственных форм в виде супрамолекулярных комплексов, у которых активная часть молекулы вещества (фармакон) защищена от преждевременного метаболизма и приобретает улучшенные транспортные возможности и повышенное сродство к рецепторам, для чего, в частности, используют молекулы глицирризиновой кислоты и других клатрирующих агентов.

При исследовании созданных клатратов известных препаратов разных фармакологических групп было установлено, что данный подход позволяет значительно понизить эффективную дозу препаратов, а также добиться снижения токсичности полученных клатратов, что говорит о возможном создании эффективных низкодозных лекарств.

Вместе с тем существует целый ряд факторов, так называемых нанорисков, сдерживающих развитие и внедрение нономатериалов в медицинскую практику.

Это связано, прежде всего, с малой изученностью токсикологических свойств НЧ, используемых

при создании нанолекарств. Необходимо учитывать высокую реакционную способность наноструктур, способность их к кумуляции в окружающей среде и пищевых цепочках, возможность проникновения в печень, мозг, легкие и другие жизненно важные органы человека. При этом существующие рутинные подходы, используемые в токсикологии, могут не выявить всех возможных рисков при применении нано-материалов, и требуется разработка новых токсикологических методов исследования нанолекарств.

Особенное внимание при изучении нанолекарств следует также уделять исследованию фармакокинетических свойств НЧ, в особенности, их распределению в организме и проникновению через биологические барьеры.

Будущее наномедицины и нанофармакологии, в частности, основано на рациональном дизайне наноматериалов и инструментов, тщательном изучении токсических свойств наночастиц, а также стандартизации процедур верификации полученных продуктов с использованием средств нановизуализации. [8-10]

# **Заключение**

Одним из самых передовых и многообещающих направлений в развитии науки и техники в настоящее время является нанотехнология, и потому государства, заинтересованные в своем процветании, вкладывают значительные средства в развитие этой отрасли. На смену технологическим процессам, связанным с манипуляциями микрочастицами, пришли процессы, позволяющие работать с наночастицами - материалами и веществами размерами меньше одного микрона. При таком размере частиц, измеряемых в нанометрах, физико-химические свойства материалов существенно изменяются, или даже приобретаются абсолютно новые уникальные качества - это может касаться механических, электрических, температурных, магнитных, оптических и иных свойств материала. На основе новых свойств нано-частиц создаются такие наноматериалы и нанокомпозиции, которые способны коренным образом изменить диагностику и лечение заболеваний и таким образом открыть новую веху в развитии медицинских технологий, которую уже общепризнанно называют наномедициной.

Следует, однако, помнить, что бездумное применение достижений нанотехнологии чревато серьезными проблемами для здоровья человека и экологии. Как и в случае с генетически модифицированными организмами, будущее нанотехнологии и наномедицины будет зависеть от того, насколько разумно будет оценен и принят обществом риск, связанный с использованием наночастиц, относительно очевидных их достоинств. Цель настоящей статьи показать не только блестящие перспективы от внедрения наночастиц в фармакологию, но и связанные с нанотехнологией вероятные токсикологические проблемы.

# **Список литературы**

[1] Балабанов В.И. Нанотехнологии: наука будущего. М. : Эксмо, 2009. - 247с.

[2] Унзикер П., Сисакян А.С. Возможности нанотехнологии в медицине: миф или реальность? // Новый армянский медицинский журнал. 2007. Т. 1, № 1. С. 28-31.

[3] Fenske DB, Chonn A, Cullis PR. Liposomal nanomedicines: an emerging field // Toxicol Pathol. 2008. № 36(1). Р. 21-29.

[4] Foldvari M, Bagonluri M. Carbon nanotubes as functional excipients for nanomedicines: II. Drug delivery and biocompatibility issues // Nanomedicine. 2008. № 11. Р. 34-39.

[5] Freitas Jr RA. Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery // Int J Surg. 2005. № 3. Р. 243-246

[6] Бирам, Д. А. Фармацевтическая нанотехнология как ключевой фактор экономического развития / Д. А. Бирам, Д. К. Смагулова, Б. Кенич // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2015. – № 3(12). – С. 98-101.

[7] Мурашкина И. А., Маркеев А. А. / Нанобиотехнологии в медицине и фармации: учебное пособие // Иркутский государственный медицинский университет, Кафедра фармакогнозии и фармацевтической технологии. – Иркутск : ИГМУ, 2022. – 80 с.

[8] Косолапов В. А., Спасов А. А. / Перспективы и проблемы нанофармакологии // Вестник ВолГМУ. 2009. №4 (32). С. 12-16

[9] Зиганшин А. У., Зиганшина Л. Е. / Наночастицы: фармакологические надежды и токсикологические проблемы // Казанский мед.ж.. 2008. №1. С. 1-7

[10] Abaeva L. F., Shumsky V. I., Petritskaya E. N., Rogatkin D. A., Lubchenko P. N. / Nanoparticles and nanotechnologies today and beyond // Альманах клинической медицины. 2010. №22. P. 10-16