

ДХАПТЕ-ПАВАР Вивидха, САПТАРСИ Шай, КЕНДЖАЛЕ Пратмеш

Кафедра фармацевтики, Университет Бхарати Видьяпит, Фармацевтический колледж Пуны, Пуна, Индия

КАДАМ Шиваджирао

Университет Бхарати Видьяпит, Пуна, Индия

Нанокосмецевтика: границы и аспекты

АБСТРАКТ. Косметика, где в роли действующего начала выступают фармацевтические ингредиенты — так называемая космецевтика — чрезвычайно популярна. В настоящее время применение нанотехнологий для повышения эффективности космецевтики пользуется огромным успехом. Нанотехнологии применяются в средствах для поврежденных волос, против морщин, старения и сухости кожи, для защиты от ультрафиолета. Обзор обобщает сведения по текущим разработкам, применению, безопасности и законодательному регулированию нанокосмецевтики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанокосмецевтика, наноингредиенты, нанотехнологии, законодательное регулирование, трансдермальное средство

Косметика — популярный потребительский товар, Котсюда и ее привлекательность для различных игроков рынка. Ожидается, что мировой рынок косметической продукции к 2023 г. вырастет до 805,61 млрд при среднегодовом темпе роста 7,14%, а в регионах Ближнего Востока и Африки этот показатель достигнет 21% [1, 2]. Рост доли пожилого населения во всем мире обусловлен снижением уровня смертности. Высокий спрос на омолаживающие косметические продукты на глобальном рынке постепенно увеличивается из-за острой потребности мужчин и женщин выглядеть моложе. По оценкам, общее число людей старше 60 лет к 2050 г. составит 2,09 млрд человек. Следовательно, спрос на косметические продукты для этой возрастной категории будет расти.

Рыночная конкуренция, прогрессивные технологии и увеличивающийся интерес к косметике сфокусировали внимание производителей на постоянной научно-исследовательской работе в этой сфере. В результате в косметические средства стали включать биологически активные вещества, ранее использовавшиеся в составе лекарственных средств. Чтобы выделить такие косметические продукты, их стали называть космецевтическими. И хотя слово «космецевтика» до сих пор не узаконено, оно широко используется при продвижении товаров на рынке и в быту. Сегодня космецевтика рутинно применяется для решения различных эстетических и дерматологических проблем, например для уменьшения

и профилактики морщин, при сухости кожи, пигментных пятнах, неровном цвете лица, гиперпигментации, фотостарении и повреждении волос.

Современная косметическая промышленность — быстро развивающаяся отрасль, которая активно интегрирует инновации и перспективные технологии, в том числе нанотехнологии [3–5]. В 1986 г. Кристиан Диор назвал косметические средства, в состав которых входят наночастицы, нанокосметикой (**рис. 1**). Эта продукция привлекла к себе внимание после того, как компания L'Oréal в 2005 г. обнаружила коммерческие преимущества подобных препаратов. О них и пойдет речь в этой статье.

ВАРИАНТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ С КОЖЕЙ

Роговой слой кожи человека, будучи барьерной структурой, обеспечивает особый путь доставки активных веществ, входящих в состав лекарственных и косметических средств [6–11]. Наноразмерные частицы-носители могут либо перемещаться в неизменном виде, либо разрушаться в пределах рогового слоя; при этом высвобождаются инкапсулированные в них активные вещества, которые способны проникнуть глубже. В случаях, когда большинство частиц субмикронного размера не может пересечь роговой слой, трансфолликулярный или трансглан-

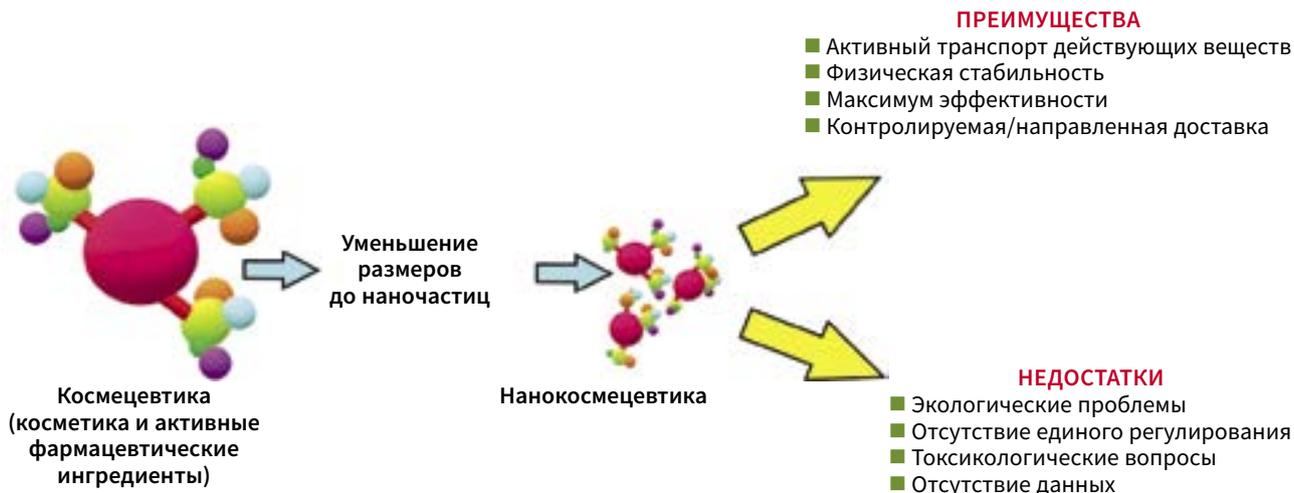


РИС. 1. Нанокосметика: концепция, преимущества и недостатки

дулярный путь оказывается доминирующим путем проникновения наночастиц в кожу (рис. 2). Проникновение неорганических и полимерных наночастиц через кожу можно облегчить с помощью различных пассивных и активных способов.

Размер, морфология, особенности поверхности, физико-химические свойства наноматериала наряду с нагрузкой активно действующим веществом и ламеллярным строением влияют на взаимодействие между наночастицами и кожей, которое и определяет пути их доставки [11]. При кожных заболеваниях предпочтительны везикулярные системы доставки активных веществ на основе липидов. Полимерные наночастицы, содержащие химические УФ-фильтры, проникают в роговой слой, чтобы доставить туда инкапсулированное вещество [12]. Металлические/магнитные наночастицы полезны в качестве меток или для направленного воздействия с целью ранней диагностики кожных заболеваний. Они могут пас-

сивно проникать в роговой слой и волосные фолликулы, достигая гранулярного слоя [13]. Наночастицы квантовых точек преимущественно накапливаются в волосных фолликулах, а также на верхних уровнях рогового слоя. Они могут проникать в кожу через внутриклеточные липидные слои рогового слоя [14].

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОСМЕЦЕВТИКИ

Использование нанотехнологий в косметической промышленности неуклонно растет, обеспечивая улучшение удержания, распределения, защиты активных компонентов, их проникновения в кожу, ответственности и качества продукта, а также комплаентности пациента [15, 16]. Косметические средства, в которых активные вещества инкапсулированы с формированием частиц наноразмера (1–100 нм),

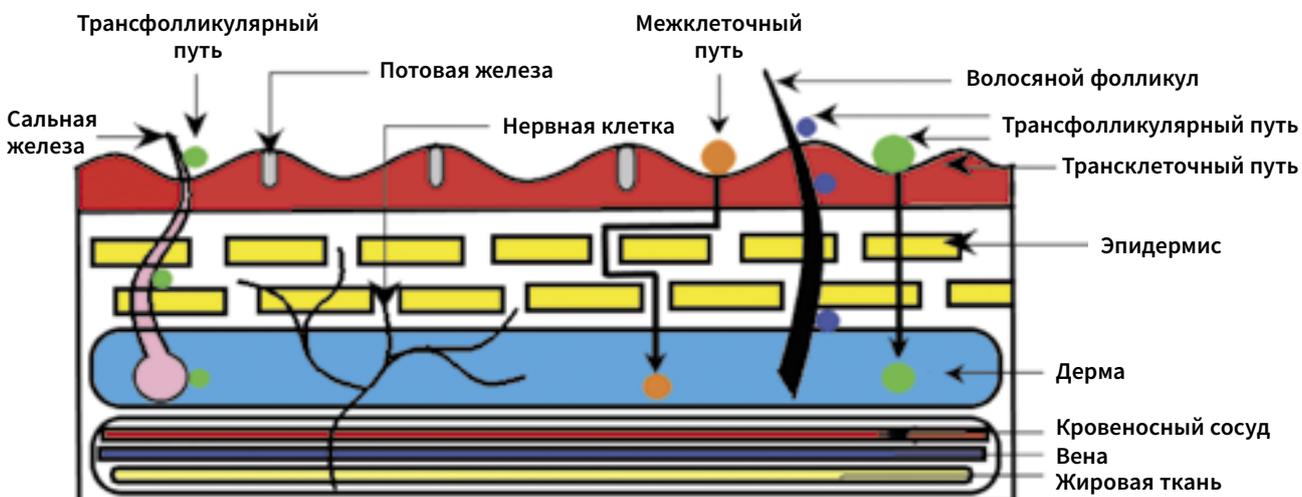


РИС. 2. Возможные пути проникновения через кожу человека



РИС. 3. Примеры наночастиц, использующихся для доставки активных веществ

называют нанокосметикой [17, 18]. Разнообразные формы новых систем доставки посредством частиц субмикронного размера, используемые в косметических рецептурах, представлены на **рис. 3**).

Липосомы были одной из первых коллоидных везикулярных систем, состоящих из одного или нескольких липидных бислоев фосфатидилхолина, исследованных в качестве эффективной системы трансдермального транспорта. Модифицированные наноразмерные системы доставки на основе липидов — наноструктурированные липидные носители, твердые липидные наночастицы, трансферосомы, ниосомы и этосомы — были разработаны для улучшения проникновения через кожу различных активных молекул.

Основные области применения нанокосметики приведены на **рис. 4** и обсуждаются ниже.

Солнцезащитные средства

Основной целью использования солнцезащитных средств является защита кожи от краткосрочного и долгосрочного воздействия УФ-излучения. Лучшие солнцезащитные составы имеют фактор защиты от солнца (известный как SPF) не менее 30 [19].

Наночастицы, используемые в солнцезащитных косметических средствах, не оставляют на коже белого следа, в отличие от обычных солнцезащитных кремов. С помощью наночастиц можно в значительной степени минимизировать количество УФ-фильтров, наносимых на кожу. Наночастицы также обеспечивают другие преимущества — такие как меньшая жирность и отсутствие запаха, что увеличивает их эстетическую привлекательность [20].

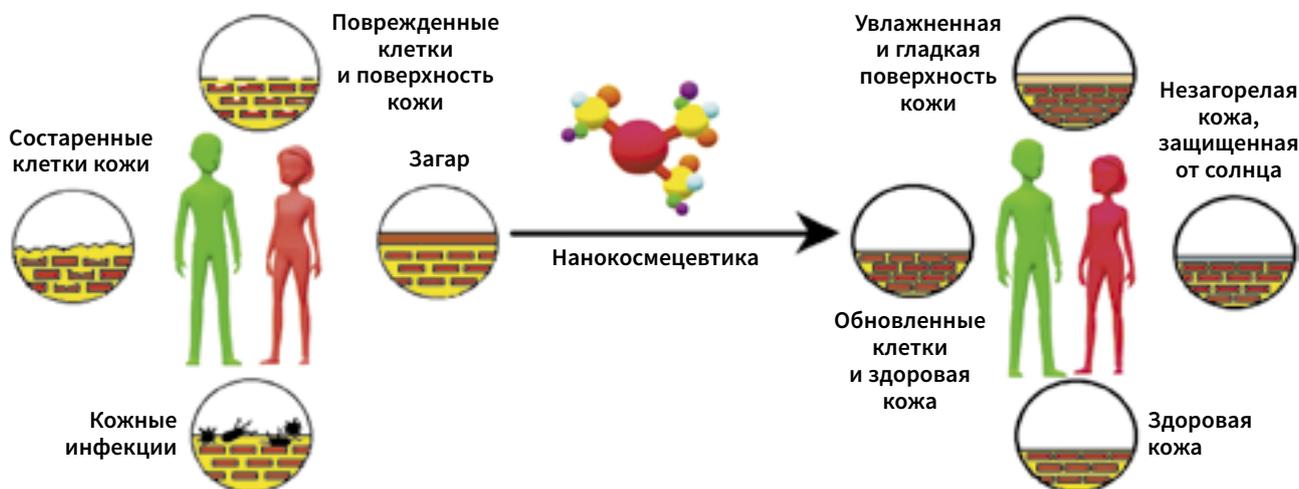


РИС. 4. Основные области применения нанокосметики

Наиболее часто используемые в солнцезащитных кремах наночастицы — это TiO_2 и ZnO , которые защищают кожу от УФА/В-излучения [21].

Омолаживающие средства

Технология наночастиц широко используется в продуктах против старения, которые с одной стороны, препятствуют появлению возрастных признаков, а с другой, корректируют имеющиеся.

Показательным примером могут служить наносомы, в которые заключен ретинол А. Известно, что ретинол повышает содержание воды в эпидермисе и утолщает его, стимулируя синтез коллагена. Кроме того, ретинол влияет на меланогенез и ингибирует матриксные металлопротеиназы, разрушающие коллаген. Еще один рыночный пример — инкапсулированная композиция из трех керамидов, предназначенная для эффективного восстановления барьерных свойств кожи и снижения ее реактивности.

Увлажняющая косметика

Увлажняющие средства — наиболее широко используемые косметические продукты, в которых также находят применение наночастицы [22]. Избыточное испарение воды из рогового слоя можно предотвратить с помощью наночастиц, образующих на поверхности кожи тонкую пленку: содержание влаги поддерживается неизменным, что улучшает внешний вид кожи [23]. Липосомы, наноэмульсии и твердые липидные наночастицы — наиболее широко используемые наноструктуры в увлажняющих составах. Они полезны при лечении таких кожных заболеваний, как дерматит и псориаз, а также при кожном зуде [24].

Средства для ухода за волосами

Использование наночастиц в средствах для ухода за волосами позволяет улучшить внешний вид волос, улучшить питание волосяных фолликулов, а также предотвратить их выпадение [25]. В настоящее время шампуни на основе наночастиц используются в качестве заместительной терапии для обеспечения питания, необходимого для правильного роста волосяных фолликулов. Силиконовые наночастицы используются для диффузии внутрь стержня волоса без разрушения его кутикулы. Такая рецептура лучше увлажняет и придает шелковистость, а также укрепляет волосы благодаря наноконпонентам [26]. Наноразмер обеспечивает проникновение силикона в гидролипидный эмульсионный слой и предотвращает его накопление на коже головы.

ТОКСИЧНОСТЬ, БЕЗВРЕДНОСТЬ И ОПАСНЫЕ ЭФФЕКТЫ НАНОКОСМЕЦЕВТИКИ

Токсичность нанокосметики

Наряду с преимуществами существуют также и факторы риска, связанные с процедурами разработки продуктов на основе наночастиц и их использованием. За последние несколько лет исследования многочисленных случаев, связанных с поступлением в клетку, генной токсичностью и окислительным повреждением клеток, подняли вопрос относительно безопасности нанокосметики [27]. Наноразмеры делают поверхность частиц чрезвычайно активной. Проникновение таких наночастиц через кожу может привести к побочным реакциям.

Наноразмерные TiO_2 или ZnO (30–150 нм) с концентрацией до 25% признаны безопасными для использования в косметических продуктах для местного применения или в солнцезащитных кремах с целью защиты кожи от вредного солнечного излучения. Несколько сообщений продемонстрировали, что при испытаниях в самых разных условиях ни TiO_2 , ни ZnO не могут проникать глубже рогового слоя [28].

Эксплоративные исследования наночастиц золота показали, что они безопасны и обладают пренебрежимо малой токсичностью. Позже было показано, что изменение размера наночастиц золота может увеличить токсичность. Наночастицы размером менее 10 нм способны легко проникать глубоко внутрь кожи и даже через мембрану клеточного ядра, что создает риск потенциальной генотоксичности.

Наночастицы фуллеренов благодаря их выраженной антиоксидантной эффективности исследуются с целью использования в дерматологии для лечения акне, борьбы против старения, в средствах против пигментации и для защиты от солнца [29]. Многочисленные предметные исследования показали, что косметика на основе фуллеренов может вызывать повреждение мозга у рыб [30, 31]. В исследовании 2006 г. Фуллерены C_{60} в коллоидных системах продемонстрировали генотоксичность [32].

Безопасность нанокосметики

Согласно заключению Научного комитета по безопасности потребительских товаров и Европейской комиссии, безопасность косметических средств определяется безопасностью их ингредиентов. С другой стороны, в США FDA не требует, чтобы косметические продукты и их ингредиенты получали одобрение FDA перед выпуском в обращение, заявляя, что производители могут изучить данные о безопасности конкретных ингредиентов или про-