

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco702109>

EDN: DSIQMW



Потенциал применения дигидрохверцетина и других активных веществ в составе косметических продуктов для регуляции активности волосяных фолликулов периорбитальной области: обзор литературы

А.В. Миндиярова¹, К.О. Синяков¹, Е.С. Буренков², А.М. Гржибовский³¹ Алмеа, Санкт-Петербург, Россия;² Медицинский университет «Реавиз», Самара, Россия;³ Университет «Реавиз», Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Внешний вид кожи и её придатков, включая ресницы и брови, является важным компонентом физического и психо-эмоционального благополучия человека и существенно влияет на качество жизни. Состояние ресниц и бровей определяется сложным взаимодействием эндогенных и экзогенных факторов, включая воздействие окружающей среды, соматические заболевания и косметические процедуры. В последние годы отмечается особый интерес к косметическим средствам, направленным на стимуляцию роста и улучшение качества ресниц и бровей, однако доказательная база эффективности многих активных компонентов остаётся ограниченной. Настоящий нарративный обзор обобщает данные современной литературы, посвящённой потенциалу применения дигидрохверцетина в сочетании с аденозином, копирролом и рядом других веществ в составе косметических продуктов для роста ресниц и бровей. Особое внимание уделено проблемам низкой растворимости и биодоступности дигидрохверцетина и современным подходам к их преодолению, включая инкапсуляцию в циклодекстрины и использование других фармацевтико-технологических решений. Представлены данные о молекулярных механизмах, лежащих в основе стимуляции роста волос, включая активацию сигнальных путей Wnt/ β -катенина, АКТ, MAPK/CREB и индукцию факторов роста. Рассмотрены результаты клинических и экспериментальных исследований аденозина, копиррола, арабиногалактана и пептидов в отношении роста волос, бровей и ресниц. На основании проанализированных данных обсуждается возможность синергетического эффекта комбинированных составов, а также обозначаются ключевые направления для дальнейших экспериментальных и клинических исследований, необходимых для обоснования эффективности и безопасности подобных косметических средств для уменьшения воздействия неблагоприятных факторов внешней среды и сохранения эстетической привлекательности, качества жизни, удовлетворённости внешним видом и социального функционирования.

Ключевые слова: дигидрохверцетин; ресницы; брови; рост волос; циклодекстрины; биодоступность; аденозин; копиррол; косметические средства; синергетические композиции.

Как цитировать:

Миндиярова А.В., Синяков К.О., Буренков Е.С., Гржибовский А.М. Потенциал применения дигидрохверцетина и других активных веществ в составе косметических продуктов для регуляции активности волосяных фолликулов периорбитальной области: обзор литературы // Экология человека. 2026. Т. 33, № 4. С. 247–257. DOI: 10.17816/humeco702109 EDN: DSIQMW

The Potential of Dihydroquercetin and Other Active Substances in Cosmetic Products for Regulating Hair Follicle Activity in the Periorbital Region: A Review

Alina V. Mindiyarova¹, Kirill O. Sinyakov¹, Evgeniy S. Burenkov², Andrej M. Grijbovski³

¹ Almea, Saint Petersburg, Russia;

² Medical University REAVIZ, Samara, Russia;

³ University REAVIZ, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

The appearance of the skin and its appendages, including eyelashes and eyebrows, is an important component of physical and psychosocial well-being and substantially affects quality of life. The condition of eyelashes and eyebrows is determined by a complex interplay of endogenous and exogenous factors, including environmental exposure, systemic diseases, and cosmetic procedures. Interest has recently grown in cosmetic products aimed at stimulating growth and improving the quality of eyelashes and eyebrows; however, the evidence base supporting the effectiveness of many active ingredients remains limited. This narrative review summarizes current research on the potential of dihydroquercetin in combination with adenosine, kopyrrol, and several other compounds in cosmetic formulations intended to promote eyelash and eyebrow growth. We focus on the challenges of low solubility and bioavailability of dihydroquercetin and on current strategies for overcoming these limitations, including cyclodextrin encapsulation and other pharmaceutical and technological approaches. We present data on the molecular mechanisms underlying hair growth stimulation, including activation of the Wnt/ β -catenin, AKT, and MAPK/CREB signaling pathways and induction of growth factors. We also review clinical and experimental studies evaluating adenosine, kopyrrol, arabinogalactan, and peptides for hair, eyebrow, and eyelash growth. Based on the analyzed data, we discuss the potential for synergistic effects of combined formulations, and outline key directions for further experimental and clinical research needed to substantiate the efficacy and safety of such cosmetic products in reducing the impact of adverse environmental factors and preserving aesthetic appearance, quality of life, satisfaction with appearance, and social functioning.

Keywords: dihydroquercetin; eyelashes; eyebrows; hair growth; cyclodextrins; bioavailability; adenosine; kopyrrol; cosmetic products; synergistic formulations.

To cite this article:

Mindiyarova AV, Sinyakov KO, Burenkov ES, Grijbovski AM. The Potential of Dihydroquercetin and Other Active Substances in Cosmetic Products for Regulating Hair Follicle Activity in the Periorbital Region: A Review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2026;33(4):247–257.

DOI: 10.17816/humeco702109 EDN: DSIQMW

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco702109>

EDN: DSIQMW

二氢槲皮素及其他活性成分在化妆品中用于调节眼周区域毛囊活性的应用潜力：文献综述

Alina V. Mindiyarova¹, Kirill O. Sinyakov¹, Evgeniy S. Burenkov², Andrej M. Grjibovski³¹ Almea, Saint Petersburg, Russia;² Medical University REAVIZ, Samara, Russia;³ University REAVIZ, Saint Petersburg, Russia

摘要

皮肤及其附属物（包括睫毛和眉毛）的外观是人类身心安宁及生活质量的重要组成部分，并对其产生显著影响。睫毛和眉毛的状态由内源性和外源性因素（包括环境影响、躯体疾病及美容程序）的复杂相互作用决定。近年来，对旨在刺激生长和改善睫毛及眉毛质量的化妆品特别感兴趣，但许多活性成分的有效性证据基础仍然有限。本叙述性综述总结了当代文献数据，涉及二氢槲皮素与腺苷、可比罗尔及一系列其他物质在睫毛和眉毛生长化妆品配方中的应用潜力。特别关注二氢槲皮素低溶解性和生物利用度的问题及现代克服方法，包括环糊精包合技术和其他药物技术解决方案的应用。提供了关于刺激毛发生长的分子机制数据，包括 Wnt/ β -连环蛋白、AKT、MAPK/CREB 信号通路的激活及生长因子的诱导。综述了腺苷、可比罗尔、阿拉伯半乳聚糖及多肽在毛发、眉毛和睫毛生长方面的临床与实验研究结果。基于分析数据讨论了复合配方的协同效应可能性，并指明了未来实验与临床研究的关键方向，这些研究对于论证此类减少外界不利因素影响、保持审美吸引力、生活质量、外貌满意度及社会功能的美容产品的有效性与安全性是必要的。

关键词：二氢槲皮素；睫毛；眉毛；毛发生长；环糊精；生物利用度；腺苷；可比罗尔；化妆品；协同配方。

引用本文：

Mindiyarova AV, Sinyakov KO, Burenkov ES, Grjibovski AM. 二氢槲皮素及其他活性成分在化妆品中用于调节眼周区域毛囊活性的应用潜力：文献综述. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2026;33(4):247–257.

DOI: 10.17816/humeco702109 EDN: DSIQMW

收到: 03.02.2026

接受: 03.04.2026

发布日期: 26.04.2026

ВВЕДЕНИЕ

Внешний вид кожи и её придатков отражает общее состояние организма человека и оказывает существенное влияние на качество жизни и психологическое состояние [1]. Неудовлетворённость внешним видом может оказывать неблагоприятное воздействие на функционирование семьи, а также на социальную и профессиональную деятельность человека [2]. Основным фактором риска преждевременного старения кожи является ультрафиолетовое излучение [3]. Существуют факторы, которые способствуют более быстрому старению кожи и её придатков в северных регионах. Низкая температура и низкая влажность воздуха могут привести к сухости кожи, что способствует появлению морщин, потере эластичности и повышенной ломкости волос. В северных регионах России часто сочетаются не только природные, но и техногенные факторы риска преждевременного старения, связанные с развитой промышленностью и большим количеством предприятий, вызывающих загрязнение окружающей среды. Высокая распространённость курения, в том числе среди женщин [4], нерациональное питание и дефицит большинства витаминов также могут играть роль в ускорении процессов старения кожи и её придатков [5].

Ресницы и брови растут из фолликулов, которые расположены в коже. Здоровая кожа обеспечивает оптимальные условия для их роста и восстановления [6]. Состояние ресниц и бровей, а также органов зрения обусловлено сочетанным влиянием множества эндо- и экзогенных факторов, включая загрязнение окружающей среды [7, 8]. Потеря ресниц может быть проявлением некоторых соматических заболеваний [9], а также является существенной эстетической проблемой для пациентов с онкологией [10].

Ресницы и брови выполняют специфические функции в анатомии человека. Ресницы участвуют в защите глазной области от внешних факторов, таких как пот, микроорганизмы, загрязнения, а также от света, воды и ветра [11]. Потеря ресниц, бровей или их части может быть не только следствием заболеваний [12], но и одной из причин поражения органов зрения. Например, в датской когорте пациентов с дерматологически подтверждённой гнездовой алопецией полное или практически полное отсутствие ресниц зафиксировано у 32,2% пациентов, отсутствие волос бровей — у 36,2%, а раздражение глаз лёгкой степени — у 29,30%, умеренное — у 10,28%, выраженное — у 4,77% [13]. Брови играют ключевую роль в выражении эмоций, распознавании лица и невербальной коммуникации [14]. Они считаются важным аспектом лицевой эстетики и являются одной из основных причин обращения к различным косметическим процедурам, создавая обширный спрос для бьюти-индустрии [15]. Также состояние бровей может существенно влиять на качество жизни онкопациентов, вызывая ощущение снижения их физической привлекательности [16]. Ресницы в настоящее время считаются важным аспектом эстетики лица

и являются объектом различных косметических процедур для их улучшения [17]. Научные исследования выявили значимый эффект длины ресниц на воспринимаемую привлекательность женского лица [18]. Более того, предполагается, что длина и качество ресниц связаны с реализацией репродуктивной стратегии [19]. Исследования демонстрируют, что даже у здоровых людей с возрастом уменьшается длина, толщина и цветовая насыщенность ресниц, независимо от пола или этнической принадлежности наблюдателя [20], что создаёт спрос на продукцию и процедуры, связанные с уходом за ресницами [21].

Дигидрохверцетин (таксифолин) — это мощный природный антиоксидант, обладающий антиоксидантным, противовоспалительным, геронтопротекторным и другими эффектами [22, 23], который широко используется в дерматологии и косметологии [24]. Результаты исследований предполагают, что дигидрохверцетин может быть перспективным средством для предотвращения выпадения и стимулирования роста волос [25]. В современной косметологии дигидрохверцетин используется в сыворотках, кремах, масках и средствах для ежедневного ухода. Также предполагается, что дигидрохверцетин обладает антивозрастным эффектом, уменьшает морщины и препятствует образованию свободных радикалов, защищает кожу от воздействия ультрафиолетового излучения [24].

Однако, несмотря на растущую популярность косметических средств, в частности сывороток для роста ресниц и бровей, содержащих дигидрохверцетин, убедительных данных об их клинической эффективности нет, что, вероятно, может быть обусловлено ограниченной растворимостью, низкой биодоступностью и отсутствием продуманных синергических комбинаций. Мы провели семантический поиск с использованием запроса «улучшает ли местное применение дигидрохверцетина рост и плотность волос, бровей и ресниц?» через поисковую систему программного продукта Elicit, которая включает все материалы Semantic Scholar и OpenAlex. Тем не менее поиск не выявил опубликованных исследований, изучающих влияние местного применения дигидрохверцетина на рост и плотность волос, бровей или ресниц.

Мы представляем нарративный обзор литературы о способах повышения растворимости и биодоступности дигидрохверцетина, а также о веществах, которые в синергетических комбинациях могли бы усилить действие косметических средств с дигидрохверцетином для роста ресниц и бровей.

ДИГИДРОХВЕРЦЕТИН

Гидрофобность дигидрохверцетина обуславливает крайне медленный процесс растворения и абсорбции, что значительно снижает его эффективность при применении. Методики повышения растворимости детально описаны S.Yu. Filippovich и соавт. [23], поэтому мы лишь перечислим некоторые из них. В качестве одного из способов

повышения растворимости было предложено создание микроэмульсии, содержащей 2% дигидрокверцетина, поверхностно-активное вещество Tween 80, пропиленгликоль, Labrafil M 1944 CS и воду, которая обеспечивала пролонгированную доставку дигидрокверцетина [26]. Также описаны липосомальные формы, формы жировых эмульсий [27], аминотилированные производные дигидрокверцетина [28], причём для последних скорость растворения многократно превышает скорость растворения дигидрокверцетина.

Исследования, проведённые в первом десятилетии XXI в., показали перспективность использования флавоноидов в комплексе с циклодекстринами. Комплексы на основе β -циклодекстрина и гидроксипропил- β -циклодекстрина улучшают водорастворимость и свойства диспергирования кверцетина и рутина [29], гесперетина и нарингенина [30], поэтому было предположено, что можно улучшить растворимость похожих флавоноидов, таких как дигидрокверцетин. β -Циклодекстрин (β -CD) — природный циклический олигосахарид, получаемый из крахмала в виде белого порошка. Структура этого соединения обеспечивает способность к инкапсуляции и стабилизации других молекул, а также к удалению запахов и вкусов. Гидроксипропил- β -циклодекстрин (HP- β -CD) представляет собой модифицированное производное природного β -циклодекстрина. Оба соединения широко применяются в фармацевтике для повышения растворимости и биодоступности лекарственных средств, в косметологии для стабилизации действующих веществ и поглощения запахов в дополнение к вышеперечисленным свойствам, а также как стабилизатор в пищевой промышленности [31].

Во втором десятилетии XXI в. исследования способности циклодекстринов повышать растворимость и биодоступность гидрофобных флавоноидов продолжились уже непосредственно с дигидрокверцетином. Было выявлено, что комплексы на основе β -циклодекстрина значительно увеличивают время циркуляции свободных молекул дигидрокверцетина в кровотоке лабораторных крыс [32]. Экспериментальные данные показали, что растворимость комплекса таксифолина с γ -CD при 25 °C и 37 °C примерно в 18,5 и 19,8 раза выше, чем у исходного таксифолина, однако интерпретировать данные результаты сложно, поскольку в статье не указано, сколько дигидрокверцетина входило в состав комплекса [33]. Комплексы дигидрокверцетина и его аминотилированного производного в оболочке циклодекстрина также имели более высокую водорастворимость при сохранении антиоксидантной активности [34]. Также описаны методы кристаллохимической инженерии, в результате применения которых растворимость синтезированных комплексов была выше по сравнению с исходным веществом [35].

Таким образом, циклодекстрины, широко применяемые в фармации и косметологии, существенно увеличивают растворимость и биодоступность дигидрокверцетина

[28, 29, 33, 34]. А.М. Коротеев и соавт. [36] отмечают, что растворимость в воде при 20 °C инкапсулированных флавоноидов выше на два порядка, чем дигидрокверцетина. Кроме того, результаты исследований демонстрируют усиление антиоксидантных свойств дигидрокверцетина в комплексе с циклодекстринами [37], что делает использование инкапсулированного дигидрокверцетина в циклодекстрины перспективным направлением при разработке составов, улучшающих состояние кожи, роста волос, ресниц и бровей, для использования в косметологии. Ключевым преимуществом подобных составов будет высвобождение дигидрокверцетина не на поверхности кожи, а непосредственно в зоне волосных фолликулов.

Фармакологические свойства растительных экстрактов и их активных компонентов связаны со стимулированием выживания клеток, их пролиферации и прогрессии клеточного цикла, а также с повышением экспрессии различных факторов роста, таких как IGF-1, VEGF, HGF и KGF (FGF-7), что способствует индукции и удлинению анагенной фазы в цикле сально-волосного фолликула. Эти эффекты также связаны с уменьшением окислительного стресса, воспалительной реакции, клеточной сенесценции и апоптоза, а также с подавлением активности мужских гормонов и их рецепторов, что предотвращает вход в телогенную фазу цикла волоса. В то же время IGF-1 может потенцировать действие андрогенов. Также считается, что IGF-1 сильнее связан с развитием себореи и угревой болезни. Некоторые активные растительные экстракты и фитохимические вещества активируют сигнальные пути, опосредованные протеинкиназой B (также известной как AKT), экстраклеточной сигнальной регуляторной киназой, путём Wntless и Int-1 (Wnt) или sonic hedgehog, одновременно подавляя другие сигнальные пути, такие как трансформирующий фактор β (TGF- β) или костные морфогенетические белки [38].

При изучении влияния кверцетина, близкого к дигидрокверцетину по структуре, на противодействие выпадению волос, вызванному воздействием дигидротестостерона, с особым акцентом на апоптоз, клеточный цикл, митохондрии и аутофагию было выявлено, что кверцетин снижает воздействие дигидротестостерона на волосные фолликулы, а также стимулирует рост шерсти у мышей, воздействуя на SHP2/AKT механизмы [39]. Учитывая, что дигидрокверцетин обладает большей антиоксидантной активностью по сравнению с кверцетином [40], предполагается, что дигидрокверцетин в комплексе с циклодекстринами для повышения растворимости, стабильности, биодоступности и медленного высвобождения может быть актуальным действующим веществом при разработке составов для стимулирования роста волос, профилактики их выпадения, это также может быть актуально для ресниц и бровей.

Создание синергетической композиции из дигидрокверцетина в сочетании с другими активными компонентами с доказанной или потенциальной эффективностью

в отношении стимуляции роста волос и профилактики их выпадения может также являться перспективным направлением в разработке новых косметических и лекарственных средств. Наиболее актуальными для включения в синергетические композиции мы считаем аденозин, миноксидил, арабиногалактан и биотиноил.

АДЕНОЗИН

Аденозин — нуклеозид, состоящий из аденина и D-рибозы. Помимо структурной функции в качестве компонента адениловых нуклеотидов, аденозин входит в состав нуклеотидов, участвует в энергетическом обмене в составе АТФ, а также практически во всех аспектах функционирования клеток в качестве сигнального и регуляторного агента, нейротрансмиттера, к тому же обладает сосудорасширяющим действием [41]. В китайском исследовании на 77 добровольцах применение шампуня с аденозином и кофеином в течение месяца статистически значимо было связано с увеличением плотности волос и снижением их выпадения по сравнению с исходным уровнем, в то время как диаметр волос участников не изменился [42]. Толщина волос, однако, считается важнее плотности волос у мужчин с андрогенной алопецией (АГА). В японском рандомизированном контролируемом испытании, в которое были включены 102 участника с АГА, шампунь с аденозином был значимо эффективнее для утолщения волос и удовлетворённости пациентов по сравнению с шампунем с ниацином при применении в течение шести месяцев дважды в сутки [43]. Эффективность шампуней с аденозином для утолщения волос была показана и для лиц европеоидной расы [44]. Первый систематический обзор эффективности и безопасности применения аденозина для пациентов с АГА был опубликован в 2020 г. Он включал в себя 4 клинических испытания с совокупным размером выборок в 260 пациентов. Два исследования выявили значимое увеличение доли «толстых волос» (>60 или >80 мкм) при местном применении аденозина, в то время как два других показали более высокое общее удовлетворение в экспериментальных по сравнению с референтными группами, причём незначительные побочные эффекты при его использовании были зарегистрированы в единичных случаях [45]. Систематический обзор 2025 г., основанный на семи клинических испытаниях местного применения аденозина (0,75%) в виде лосьона, говорит о существенном потенциале аденозина в качестве средства для стимулирования роста волос, поскольку было клинически продемонстрировано снижение выпадения волос и увеличение их плотности. Метаанализ трёх из них демонстрирует тенденции к увеличению плотности и толщины волос, однако степень доказательности является низкой из-за недостатков дизайна исследований и малых выборочных совокупностей [46]. На молекулярном уровне аденозин способствует стимуляции роста волос посредством

активации сигнального пути Wnt/ β -катенина и индукции экспрессии факторов роста, что способствует пролиферации волосяных фолликулов и их дифференцировке [47]. Несмотря на то что не было проведено ни одного исследования, направленного на изучение применения препаратов аденозина для роста или профилактики выпадения ресниц и бровей, он является перспективным веществом для включения в состав синергетической композиции с дигидрокверцетином.

МИНОКСИДИЛ

Миноксидил — это производное пиперидино-пиримидина (2,6-диамино-4-пиперидинопиримидин-1-оксид; C₉H₁₅N₅O). Раствор миноксидила с концентрацией 2% впервые был представлен на рынке в 1986 г., а в 1993 г. — раствор с концентрацией 5% [48]. Миноксидил действует на уровне волосяного фолликула, напрямую стимулируя рост фолликулярного эпителия, увеличивая кровоток в коже и стимулируя спящие волосяные фолликулы [49]. Миноксидил проявляет свою фармакологическую активность посредством нескольких биологических механизмов, включая вазодилатацию, противовоспалительное действие, антиандрогенную активность и индуцирование сигнальных путей Wnt/ β -катенина. Кроме того, он способен модифицировать длительность фаз анагена и телогена в цикле волосяных фолликулов, способствуя стимуляции роста волос [50, 51].

Несмотря на более чем тридцатилетний опыт применения миноксидила в клинической практике [52], а также в качестве безрецептурного средства, систематический обзор показал, что результаты его использования при лечении различных форм алопеции остаются противоречивыми [53]. В вышеупомянутый обзор вошло 23 исследования, где миноксидил изучался в концентрациях от 0,01 до 15% для лечения АГА, приводя к росту волос у 17–70% пациентов. Концентрации от 3 до 5% использовали для лечения гнездной алопеции, 2% — для тракционной алопеции, от 1 до 5% — для врождённых нарушений роста волос с разной степенью успеха терапии. Клиническая эффективность варьировала в зависимости от этнической принадлежности участников исследований, однако местное применение миноксидила существенно улучшало качество жизни пациентов даже при отсутствии значимого роста волос [54]. Кроме того, эффективность миноксидила для лечения АГА была показана не только для мужчин, но и для женщин [55], а также не только для местного, но и для перорального применения [56].

В дополнение к неоднократно изученной в ходе рандомизированных контролируемых испытаний эффективности для лечения АГА миноксидил является одним из немногих средств, для которых проводились исследования с оценкой эффекта на рост ресниц и бровей. V.P. Gajbhiye и Y. Lamture [49] провели неконтролируемое испытание, в которое вошли 22 участника в возрасте

18 лет и старше с гипотрихозом бровей. Все пациенты были оценены как степень 1 или 2 облысения по шкале Allergan Global Eyebrow Assessment (GEBA). Всем пациентам рекомендовалось наносить по 1 мл 2% раствора миноксидила на брови два раза в день в течение четырёх месяцев. Проведено сравнение изменений по фотографической шкале (удовлетворённость пациента) до и после лечения миноксидилом, а также сравнение диаметра и количества волосков бровей на квадратный сантиметр до и после терапии. Если до начала применения миноксидила средний диаметр волоса составлял $0,034 \pm 0,0057$ мм, а плотность — $17 \pm 5,03$ волос/см², то после лечения эти показатели увеличились до $0,07 \pm 0,0045$ мм и $30,00 \pm 7,03$ волос/см² соответственно. Общий балл удовлетворённости пациентов составлял $-2,10 \pm 0,76$ до начала терапии, увеличился до $-1,30 \pm 0,89$ через четыре недели и достиг пика ($2,30 \pm 0,55$) на 16-й неделе. Результаты исследования демонстрируют, что 2% миноксидил хорошо переносится и является потенциально эффективным средством для лечения гипотрихоза бровей.

S. Lee и соавт. [57] провели рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое сравнительное исследование с разделением лица. Четырнадцать пациентов были рандомизированы: миноксидил (лосьон 2%) наносился на бровь с одной стороны лица, а плацебо — на другую. Эффективность оценивали по глобальной фотографической шкале, диаметру бровей, количеству волосков и удовлетворённости пациентов. После 16 недель в группе, получавшей миноксидил, были достигнуты более выраженные результаты по всем изучаемым показателям по сравнению с группой плацебо, что говорит о том, что 2% лосьон миноксидила может быть эффективным для лечения гипотрихоза бровей [57].

M.S. Zaky и соавт. [58] сравнивали эффект геля с 2% содержанием миноксидила и биматопрост в концентрации 0,01 и 0,03% в рандомизированном контролируемом испытании, в которое включено по 20 человек в каждую из изучаемых групп. После лечения отмечено значительное улучшение по шкале GEBA у всех трёх групп, однако статистически значимых различий между группами обнаружено не было, что говорит о том, что миноксидил не уступает по эффективности биматопросту [58]. Похожие результаты получены при сравнении 3% геля миноксидила и 0,03% биматопроста в ходе 16-недельного двойного слепого рандомизированного контролируемого испытания с разделением лица [59]. R. Pigmez и L. Spagnol Abraham [60] представили положительные результаты лечения препаратами миноксидила семи пациентов с фронтальной фиброзирующей алопецией, при которой также часто повреждаются брови. Ещё одно проспективное двойное слепое плацебо-контролируемое рандомизированное испытание, проведённое в Таиланде, говорит об эффективности миноксидила для роста бровей [61]. В 2025 г. вышел систематический обзор с мета-анализом, систематизирующий применение миноксидила

для улучшения эстетики лица [62], в который вошли 19 рандомизированных контролируемых испытаний, однако для пяти из них был высокий риск предвзятости. Тем не менее авторы сделали заключение о том, что миноксидил является эффективным средством для тех, кто хочет улучшить состояние бровей и ресниц, при этом риск побочных эффектов остаётся незначительным [62], что может быть актуально для его применения в косметологии. Однако в косметологической практике чаще применяется аналог миноксидила — копиррол (копуррол, лат. *pyrrolidinyl diaminopyrimidine oxide*), который используется как активный компонент лосьонов для ухода за волосами: как активатор роста волос и как средство против их выпадения. Ключевое различие между молекулами заключается в структуре гетероциклического заместителя: миноксидил содержит шестичленное пиперидиновое кольцо, тогда как копиррол — пятичленное. Данное структурное отличие определяет различия в молекулярной массе (209,3 г/моль для миноксидила против 195,22 г/моль для копиррола), а также может влиять на физико-химические свойства и характер взаимодействия с биологическими мишенями. Среди предлагаемых механизмов действия копиррола — улучшение кровоснабжения волосяных фолликулов, что обеспечивает лучшее поступление кислорода и питательных веществ для активации роста волос [63]. Рандомизированные исследования косметических составов комплексных лосьонов, включающих копиррол, демонстрируют уменьшение выпадения волос и улучшение индексов волосистой массы [64], что может быть актуально для стимуляции роста и профилактики выпадения ресниц и бровей в составе комплексных препаратов.

АРАБИНОГАЛАКТАН И ПЕПТИДЫ

Арабиногалактан — это природный полисахарид, состоящий из остатков моносахаридов арабинозы и галактозы, который также имеет большой потенциал для использования в комплексе с дигидрохверцетином благодаря доказанным клиническим эффектам. Он входит в состав камеди растений, особенно богата арабиногалактаном листовница [64]. Арабиногалактан обладает высокой водорастворимостью и гигроскопичностью, что обуславливает его использование для повышения всасываемости лекарственных средств в фармацевтике и в косметологии. Исследования *in vitro* показывают, что арабиногалактановые белки обладают иммуномодулирующим эффектом в кератиноцитах, что может уменьшать локальные воспаления и улучшать барьерные свойства кожи [65]. Результаты цитологических исследований показывают, что арабиногалактановые белки могут стимулировать выработку факторов роста, участвующих в дифференцировке эпидермальных клеток, что потенциально способствует восстановлению кожи после микроразрывов [66]. Являясь полисахаридом,

арабиногалактан может функционировать как пребиотик — способствовать росту полезных микроорганизмов на поверхности кожи и уменьшать колонизацию патогенов, что позитивно влияет на барьерную функцию и иммунореактивность кожи [67]. Публикации по косметическим формулам, содержащим природные полисахариды, свидетельствуют об уменьшении трансэпидермальной потери воды и создании защитной плёнки на коже после нанесения [68, 69], что может быть актуально для защиты от неблагоприятных факторов окружающей среды.

Пептиды — это короткие цепочки аминокислот, которые могут служить сигнальными молекулами, активировать клеточные пути, усиливать выработку факторов роста, улучшать микроциркуляцию и укреплять структуру фолликулов. В трихологии они используются как активные вещества с доказанной эффективностью, усиливающие рост, повышающие плотность и уменьшающие выпадение волос, особенно в составе комплексов с другими активными компонентами [70]. Пептиды могут активировать сигнальные пути (например, Wnt/ β -catenin), которые отвечают за переход фолликулов в фазу активного роста и за расширение фолликулярной матрицы [71]. В исследовании *in vitro* было показано, к примеру, что трипептид с катионом меди (L-alanyl-L-histidyl-L-lysine-Cu²⁺) стимулирует пролиферацию клеток в сосочковом слое кожи, повышает экспрессию факторов роста, включая VEGF, а также уменьшает содержание отрицательных факторов роста (например, TGF- β 1), которые связаны с выпадением волос [72]. Трипептид с похожей структурой (glycyl-L-histidyl-L-lysine-Cu²⁺) также был связан с уменьшением TGF- β 1 [73]. Ещё раньше эффект медь-связывающего трипептида GHK на стимуляцию волосных фолликулов был выявлен в экспериментальных исследованиях на мышах [74]. Участники контролируемого эксперимента, применявшие сыворотку на основе биотинилированного трипептида-1 и экстракта плодов эмблики лекарственной (*Phyllanthus emblica*) в течение 90 дней, отмечали улучшение плотности и качества волос [75]. Несмотря на то что опубликованы некоторые доказательства об улучшении состояния волосных фолликулов и стимуляции анагеновой фазы, в настоящее время уровень доказательности клинических исследований об эффективности пептидов для роста волос низкий и требует дальнейших контролируемых испытаний [70].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие доказательной базы об эффекте рассмотренных в данном обзоре веществ позволяет предположить синергетический эффект инкапсулированного в циклодекстрины дигидрохверцетина в сочетании с вышеперечисленными соединениями. Проверка данной гипотезы требует разработки оригинального комплексного состава и проведения тщательно спланированных

экспериментальных исследований, что в результате приведёт к созданию косметических средств, позволяющих уменьшить неблагоприятные воздействия факторов окружающей среды на здоровье ресниц и бровей и способствующих сохранению эстетической привлекательности, качества жизни, удовлетворённости внешним видом и социального функционирования.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.В. Миндиярова — определение концепции, работа с литературными данными, пересмотр и редактирование рукописи; К.О. Сinyaков — определение концепции, работа с литературными данными, пересмотр и редактирование рукописи; Е.С. Буренков — валидация, пересмотр и редактирование рукописи; А.М. Гржибовский — поиск литературы, работа с литературными источниками, подготовка первого и последующих вариантов рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Не применимо.

Источники финансирования. Вклад А.М. Гржибовского реализован в рамках договора № 122 с ООО «Эко-Вектор» от 10.10.2025 г.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. Обзор представляет собой качественный синтез ранее полученных результатов, опубликованных в международной научной периодической печати, без заимствований оригинального текста.

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.

Генеративный искусственный интеллект. Для поиска максимального количества статей по тематике обзора использовали программный инструмент Elicit (<https://elicit.com/>), разработанный компанией Ought Inc., версия 3.0. Поиск литературы осуществляли в период с 10 ноября по 30 декабря 2025 г.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.V. Mindiyarova: conceptualization, investigation, writing—review & editing; K.O. Sinyakov: conceptualization, investigation, writing—review & editing; E.S. Burenkov: validation, writing—review & editing; A.M. Grjibovski: investigation, writing—original draft, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval. Not applicable.

Funding sources: The contribution of A.M. Grjibovski was supported under Agreement No. 122 with Eco-Vector LLC dated October 10, 2025.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: This review is a qualitative synthesis of previously published findings from international scientific periodicals, without any textual borrowings.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.

Generative AI: The Elicit software tool (<https://elicit.com/>), developed by Ought Inc., version 3.0, was used to search for the maximum possible number of relevant articles. The search period was from November 10 to December 30, 2025.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Kowalewska B, Jankowiak B, Krajewska-Kulak E, et al. Quality of life in skin diseases as perceived by patients and nurses. *Postepy Dermatol Alergol.* 2021;37(6):956–961. doi: 10.5114/ada.2019.86182 EDN: KHFLKL
- Kaya HE, Altunay İK, Aksu A. Perceived stress, stress coping strategies, and body image among facial dermatosis. *Dermatol Pract Concept.* 2025;15(3):e5054. doi: 10.5826/dpc.1503a5054 EDN: UCDDUM
- Sanchez Silveira JE, Myaki Pedroso DM. UV light and skin aging. *Rev Environ Health.* 2014;29(3):243–254. doi: 10.1515/revh-2014-0058
- Kharkova OA, Krettek A, Grijbovski AM, et al. Prevalence of smoking before and during pregnancy and changes in this habit during pregnancy in Northwest Russia: a Murmansk County birth registry study. *Reprod Health.* 2016;13(1):18. doi: 10.1186/s12978-016-0144-x EDN: XNSNOD
- Eganian RA. Nutritional characteristics in dwellers of the far north of Russia (a review of literature). *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health.* 2013;16(5):41–47. EDN: RTFCMT
- Aumond S, Bitton E. The eyelash follicle features and anomalies: a review. *J Optim.* 2018;11(4):211–222. doi: 10.1016/j.optom.2018.05.003
- Mumford BP, Eisman S, Yip L. Acquired causes of eyebrow and eyelash loss: A review and approach to diagnosis and treatment. *Australas J Dermatol.* 2023;64(1):28–40. doi: 10.1111/ajd.13947 EDN: BDLHXP
- Lin CC, Chiu CC, Lee PY, et al. The adverse effects of air pollution on the eye: a review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(3):1186. doi: 10.3390/ijerph19031186 EDN: MPMSQ
- Palacios-Bayona KL, Tobón-Ospina C. Eyelash loss as an unusual manifestation of uncontrolled hypothyroidism. *Cureus.* 2024;16(5):e59551. doi: 10.7759/cureus.59551
- Rose L, Khuuro A, Minta A, et al. Eyebrow and eyelash loss in patients with cancer. *J Drugs Dermatol.* 2024;23(5):327–331. doi: 10.36849/JDD.8003 EDN: OLKWIR
- Vij A, Bergfeld WF. Madarosis, milphosis, eyelash trichomegaly, and dermatochalasis. *Clin Dermatol.* 2015;33(2):217–226. doi: 10.1016/j.clindermatol.2014.10.013
- Kumar A, Karthikeyan K. Madarosis: a marker of many maladies. *Int J Trichology.* 2012;4(1):3–18. doi: 10.4103/0974-7753.96079
- Andersen YMF, Nymand L, DeLozier AM, et al. Patient characteristics and disease burden of alopecia areata. *BMJ Open.* 2022;12(2):e053137. doi: 10.1136/bmjopen-2021-053137 EDN: SBXGZM
- Carruthers J, Carruthers A. Social significance of the eyebrows and periorbital complex. *J Drugs Dermatol.* 2014;13(1 Suppl):S7–S11.
- Starace M, Cedirian S, Alessandrini AM, et al. Impact and management of loss of eyebrows and eyelashes. *Dermatol Ther (Heidelb).* 2023;13(6):1243–1253. doi: 10.1007/s13555-023-00925-z EDN: INCATA
- Smith K, Winstanley J, Boyle F, et al. Madarosis: a qualitative study to assess perceptions and experience of Australian patients with early breast cancer treated with taxane-based chemotherapy. *Support Care Cancer.* 2018;26(2):483–489. doi: 10.1007/s00520-017-3852-z EDN: GLHBTY
- Glaser DA, Jones D, Carruthers J, et al. Epidemiologic analysis of change in eyelash characteristics with increasing age in a population of healthy women. *Dermatol Surg.* 2014;40(11):1208–1213. doi: 10.1097/DSS.000000000000170
- Pazhoohi F, Kingstone A. Eyelash length attractiveness across ethnicities. *Sci Rep.* 2023;13(1):14849. doi: 10.1038/s41598-023-41739-5 EDN: ZFFYYS
- Pazhoohi F. Long lashes, mixed signals: investigating the effect of eyelash length on perceived health, attractiveness, and sexual receptivity. *Arch Sex Behav.* 2025;54(5):1703–1708. doi: 10.1007/s10508-025-03131-4
- Jones D. Enhanced eyelashes: prescription and over-the-counter options. *Aesthetic Plast Surg.* 2011;35(1):116–121. doi: 10.1007/s00266-010-9561-3 EDN: YUQICG
- Kwon TI, Heo HS. Preferences and level of satisfaction with eyelash beauty treatments. *Asian J Beauty Cosmetol.* 2018;16(2):139–150. doi: 10.20402/ajbc.2017.0131
- Jain S, Vaidya A. Comprehensive review on pharmacological effects and mechanism of actions of taxifolin: a bioactive flavonoid. *Pharmacol Res Mod Chin Med.* 2023;7:100240. doi: 10.1016/j.prmcm.2023.100240 EDN: UVZQGP
- Filippovich SYu, Isakova EP, Bachurina GP, Deryabina Yul. Modern developing directions in the dihydroquercetin study. *Molecules.* 2025;30(21):4187. doi: 10.3390/molecules30214187 EDN: IEEDTX
- Das A, Baidya R, Chakraborty T, et al. Pharmacological basis and new insights of taxifolin. *Biomed Pharmacother.* 2021;142:112004. doi: 10.1016/j.biopha.2021.112004 EDN: FIYHPY
- Park SM, He YCh, Gong C, et al. Effects of taxifolin from enzymatic hydrolysis of *Rhododendron mucrotulatum* on hair growth promotion. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10:995238. doi: 10.3389/fbioe.2022.995238
- Karlina MV, Pozharitskaya ON, Shikov AN. Development and in vitro evaluation of a dihydroquercetin microemulsion. *Pharm Chem J.* 2009;43(6):352–354. doi: 10.1007/s11094-009-0308-x EDN: MWZRQR
- Fadeev RS, Akatov VS, Kaptsov VV, Uminsky AA, et al. Cytotoxic effect of dihydroquercetin and its derivatives in liposomal form and in the form of fat nanosize emulsion. *Biochemistry (Moscow), Supplement Series A: Membrane and Cell Biology.* 2011;5(1):45–50. doi: 10.1134/S1990747811010053 EDN: OASUED
- Li J, Dong J, Ouyang J, et al. Synthesis, characterization, solubilization, cytotoxicity and antioxidant activity of aminomethylated dihydroquercetin. *Medchemcomm.* 2016;8(2):353–363. doi: 10.1039/C6MD00496B EDN: YLQIOL
- Sri KV, Kondaiah A, Ratna JV, Annapurna A. Preparation and characterization of quercetin and rutin cyclodextrin inclusion complexes. *Drug Dev Ind Pharm.* 2007;33(3):245–253. doi: 10.1080/03639040601150195
- Tommasini S, Raneri D, Ficarra R, et al. Improvement in solubility and dissolution rate of flavonoids by complexation with beta-cyclodextrin. *J Pharm Biomed Anal.* 2004;35(2):379–387. doi: 10.1016/S0731-7085(03)00647-2
- Brewster ME, Loftsson T. Cyclodextrins as pharmaceutical solubilizers. *Adv Drug Deliv Rev.* 2007;59(7):645–666. doi: 10.1016/j.addr.2007.05.012 EDN: MHGKHR
- Zinchenko VP, Kim YuA, Tarakhovskii YuS, Bronnikov GE. Biological activity of water-soluble nanostructures of dihydroquercetin with cyclodextrins. *Biofizika.* 2011;56(3):418–422. doi: 10.1134/S0006350911030298 EDN: PDYRHX
- Zu Y, Wu W, Zhao X, et al. The high water solubility of inclusion complex of taxifolin- γ -CD prepared and characterized by the emulsion solvent evaporation and the freeze drying combination method. *Int J Pharm.* 2014;477(1-2):148–158. doi: 10.1016/j.ijpharm.2014.10.027 EDN: UPLKZ
- Rogovskii VS, Matyushin AI, Koroteev AM, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of dihydroquercetin, its aminomethylated derivative, and their inclusion complexes with cyclodextrin. *Pharm Chem J.* 2021;55(8):778–780. doi: 10.1007/s11094-021-02493-y EDN: MCHOYS
- Selivanova IA, Terekhov RP. Engineering of dihydroquercetin crystals. *Pharm Chem J.* 2020;53(11):1081–1085. doi: 10.1007/s11094-020-02126-w EDN: FHXXRB

36. Koroteev AM, Kaziev GZ, Koroteev MP, et al. Transformation of hydrophobic flavonoids catechin, dihydroquercetin and quercetin into water-soluble structures. *Butlerov Communications*. 2020;64(10):14–21. doi: 10.37952/ROI-jbc-01/20-64-10-14 EDN: BKMTXY
37. Nifantiev EE, Koroteev MP, Kukhareva TS, et al. Chemical modification and biological activity of dihydroquercetin flavonoid. *Science and School*. 2012;(6):181–191. EDN: PYCXTV
38. Choi JY, Boo MY, Boo YCh. Can plant extracts help prevent hair loss or promote hair growth? a review comparing their therapeutic efficacies, phytochemical components, and modulatory targets. *Molecules*. 2024;29(10):2288. doi: 10.3390/molecules29102288 EDN: WQQRNB
39. Guo T, Li W, Zheng W, et al. Quercetin rescues dihydrotestosterone-treated human dermal papilla cells via SHP2/AKT signaling to suppress autophagy and apoptosis. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol*. 2025;398(6):7155–7170. doi: 10.1007/s00210-024-03742-z
40. Chen Y, Deuster P. Comparison of quercetin and dihydroquercetin: antioxidant-independent actions on erythrocyte and platelet membrane. *Chem Biol Interact*. 2009;182(1):7–12. doi: 10.1016/j.cbi.2009.06.007
41. National Center for Biotechnology Information (2026). PubChem Compound Summary for CID 60961, Adenosine. Retrieved April 16, 2026 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Adenosine>
42. Chen D, Yu F, Wang C, et al. Anti-hair loss effect of a shampoo containing caffeine and adenosine. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(9):2927–2933. doi: 10.1111/jocd.16347
43. Watanabe Y, Nagashima T, Hanzawa N, et al. Topical adenosine increases thick hair ratio in Japanese men with androgenetic alopecia. *Int J Cosmet Sci*. 2015;37(6):579–587. doi: 10.1111/ics.12235
44. Iwabuchi T, Ideta R, Ehama R, et al. Topical adenosine increases the proportion of thick hair in Caucasian men with androgenetic alopecia. *J Dermatol*. 2016;43(5):567–570. doi: 10.1111/1346-8138.13159
45. Ke BN, Villena JuPDS, Frez MaLF. Efficacy and safety of topical adenosine for androgenetic alopecia in adults: a systematic review. *Acta Med Philipp*. 2024;54(3). doi: 10.47895/AMP.V54i3.1678
46. Szendzielorz E, Spiewak R. Adenosine as an active ingredient in topical preparations against hair loss: a systematic review and meta-analysis of published clinical trials. *Biomolecules*. 2025;15(8):1093. doi: 10.3390/biom15081093 EDN: WDKRGU
47. Kim J, Shin JY, Choi YH, et al. Anti-hair loss effect of adenosine is exerted by camp mediated wnt/ β -catenin pathway stimulation via modulation of Gsk3 β activity in cultured human dermal papilla cells. *Molecules*. 2022;27(7):2184. doi: 10.3390/molecules27072184 EDN: RWPCIO
48. Rossi A, Cantisani C, Melis L, et al. Minoxidil use in dermatology, side effects and recent patents. *Recent Pat Inflamm Allergy Drug Discov*. 2012;6(2):130–136. doi: 10.2174/187221312800166859
49. Gajbhiye VP, Lamture Y. Minoxidil a youth elixir for eyebrow hypotrichosis. *J Clin Diagn Res*. 2020;14:WC01–WC04. doi: 10.7860/JCDR/2020/42801.13474
50. Gupta AK, Talukder M, Venkataraman M, Bamimore MA. Minoxidil: a comprehensive review. *J Dermatolog Treat*. 2022;33(4):1896–1906. doi: 10.1080/09546634.2021.1945527 EDN: UMXNNG
51. Messenger AG, Rundegren J. Minoxidil mechanisms of action on hair growth. *Br J Dermatol*. 2004;150(2):186–194. doi: 10.1111/j.1365-2133.2004.05785.x EDN: FMAMPX
52. Barbareschi M. The use of minoxidil in the treatment of male and female androgenetic alopecia: a story of more than 30 years. *G Ital Dermatol Venereol*. 2018;153(1):102–106. doi: 10.23736/S0392-0488.17.05781-9
53. Stoehr JR, Choi JN, Colavincenzo M, Vanderweil S. Off-topical minoxidil in alopecia: a review. *Am J Clin Dermatol*. 2019;20(2):237–250. doi: 10.1007/s40257-018-0409-y EDN: HXZJQR
54. Sung CT, Juhasz ML, Choi FD, Mesinkovska NA. The efficacy of topical minoxidil for non-scarring alopecia: a systematic review. *J Drugs Dermatol*. 2019;18(2):155–160.
55. Adil A, Godwin M. The effectiveness of treatments for androgenetic alopecia: a systematic review and meta-analysis. *J Am Acad Dermatol*. 2017;77(1):136–141.e5. doi: 10.1016/j.jaad.2017.02.054
56. Randolph M, Tosti A. Oral minoxidil treatment for hair loss: a review of efficacy and safety. *J Am Acad Dermatol*. 2021;84(3):737–746. doi: 10.1016/j.jaad.2020.06.1009 EDN: QGVBRA
57. Lee S, Tanglertsampan C, Tanchotikul M, Worapunpong N. Minoxidil 2% lotion for eyebrow enhancement: a randomized, double-blind, placebo-controlled, split-face comparative study. *J Dermatol*. 2014;41(2):149–152. doi: 10.1111/1346-8138.12275
58. Zaky MS, Hashem OA, Mahfouz SM, Elsaie ML. Comparative study of the efficacy and safety of topical minoxidil 2% versus topical bimatoprost 0.01% versus topical bimatoprost 0.03% in treatment of eyebrow hypotrichosis: a randomized controlled trial. *Arch Dermatol Res*. 2023;315(9):2635–2641. doi: 10.1007/s00403-023-02679-2 EDN: HEDTHM
59. Suwanchatchai W, Tanglertsampan C, Pengsalae N, Makornwattana M. Efficacy and safety of bimatoprost 0.03% versus minoxidil 3% in enhancement of eyebrows: a randomized, double-blind, split-face comparative study. *J Dermatol*. 2012;39(10):865–866. doi: 10.1111/j.1346-8138.2012.01579.x
60. Pirmez R, Spagnol Abraham L. Eyebrow regrowth in patients with frontal fibrosing alopecia treated with low-dose oral minoxidil. *Skin Appendage Disord*. 2021;7(2):112–114. doi: 10.1159/000511744 EDN: LBPTGK
61. Worapunpong N, Tanglertsampan C. Treatment of eyebrow hypotrichosis with 1% minoxidil lotion: A prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Med Assoc Thai*. 2017;100:573–577. doi: 10.1111/j.1346-8138.2012.01579.x
62. Almutairi AG, Shadid A, AlAkrash L. Topical minoxidil effectiveness in enhancing facial aesthetics: A systematic review and meta-analysis. *J Fam Med Prim Care*. 2025;14(11):4446–4456. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc_39_25 EDN: LRJGBG
63. Narukulla D, Vattikonda L, Kaki VR. Towards sustainable and scalable synthesis of amitriptyline hydrochloride, minoxidil, and pyrrolidinylium diaminopyrimidine oxide. *J Indian Chem Soc*. 2025;102(7):101805. doi: 10.1016/j.jics.2025.101805 EDN: SNIKWF
64. Vincenzi C, Marisaldi B, Tosti A, Patel B. Effects of a new topical treatment containing several hair growth promoters in women with early female pattern hair loss. *Skin Appendage Disord*. 2019;5(3):146–151. doi: 10.1159/000493200
65. Zahid A, Despres J, Benard M, et al. Arabinogalactan proteins from baobab and acacia seeds influence innate immunity of human keratinocytes in vitro. *J Cell Physiol*. 2017;232(9):2558–2568. doi: 10.1002/jcp.25646
66. Zippel J, Wells T, Hensel A. Arabinogalactan protein from *Jatropha curcas* L. seeds as TGF β 1-mediated inductor of keratinocyte *in vitro* differentiation and stimulation of GM-CSF, HGF, KGF and in organotypic skin equivalents. *Fitoterapia*. 2010;81(7):772–778. doi: 10.1016/j.fitote.2010.04.002
67. Zeng M, Li Y, Cheng J, et al. Prebiotic oligosaccharides in skin health: benefits, mechanisms, and cosmetic applications. *Antioxidants (Basel)*. 2025;14(6):754. doi: 10.3390/antiox14060754 EDN: VUVKIG
68. Maia Campos PMBG, Kakuda L, Souza CRF. Film-forming, moisturizing, and sensory properties of a cosmetic formulation containing tara gum and brazilian berry extracts. *AAPS PharmSciTech*. 2024;25(4):71. doi: 10.1208/s12249-024-02790-1 EDN: STHHXB
69. Keshavarzi F, Zajforoushan Moghaddam S, Barré Pedersen M, et al. Water vapor permeation through topical films on a moisture-releasing skin model. *Skin Res Technol*. 2021;27(2):153–162. doi: 10.1111/srt.12926
70. Bikash C. Topical alternatives for hair loss: beyond the conventional. *Int J Trichology*. 2025;17(1):13–19. doi: 10.4103/ijit.ijt_8_23 EDN: VKZPJC
71. Lee EJ, Kim MW, Gil HN, et al. In vitro hair growth-promoting effect of Lgr5-binding octapeptide in human primary hair cells. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(3):986–998. doi: 10.1111/jocd.16036 EDN: IQTYMX
72. Pyo HK, Yoo HG, Won CH, et al. The effect of tripeptide-copper complex on human hair growth in vitro. *Arch Pharm Res*. 2007;30(7):834–839. doi: 10.1007/BF02978833 EDN: CNLQSE
73. Sadgrove NJ, Simmonds MSJ. Topical and nutricosmetic products for healthy hair and dermal antiaging using "dual-acting" (2 for 1)

plant-based peptides, hormones, and cannabinoids. *FASEB Bioadv.* 2021;3(8):601–610. doi: 10.1096/fba.2021-00022 EDN: LOZZYP

74. Trachy RE, Fors TD, Pickart L, Uno H. The hair follicle-stimulating properties of peptide copper complexes. results in C3H mice. *Ann N Y Acad Sci.* 1991;642:468–469. doi: 10.1111/j.1749-6632.1991.tb24420.x

75. Wu CJ, Yang CY, So PB, et al. Safety profile and efficacy of Biosea® revive serum for hair growth through in vitro assessment and clinical evaluation. *Cosmetics.* 2025;12(4):139. doi: 10.3390/cosmetics12040139

ОБ АВТОРАХ

* **Гржибовский Андрей Мечиславович**, PhD;

адрес: Россия, 198095, Санкт-Петербург, ул. Калинина, д. 8;

ORCID: 0000-0002-5464-0498;

eLibrary SPIN: 5118-0081;

e-mail: a.grjibovskiy@yandex.ru

Миндиярова Алина Викторовна;

e-mail: mindiyarova.alina@almea.ru

Синяков Кирилл Олегович;

e-mail: kirill.sinyakov@almea.ru

Буренков Евгений Сергеевич, канд. фарм. наук;

ORCID: 0000-0003-0045-7046;

eLibrary SPIN: 3936-9293;

e-mail: burenkov@reaviz.ru

AUTHORS' INFO

* **Andrej M. Grjibovski**, PhD;

address: 8 Kalinina st, Saint Petersburg, Russia, 198095;

ORCID: 0000-0002-5464-0498;

eLibrary SPIN: 5118-0081;

e-mail: a.grjibovskiy@yandex.ru

Alina V. Mindiyarova;

e-mail: mindiyarova.alina@almea.ru

Kirill O. Sinyakov;

e-mail: kirill.sinyakov@almea.ru

Evgeniy S. Burenkov, Cand. Sci. (Pharmacy);

ORCID: 0000-0003-0045-7046;

eLibrary SPIN: 3936-9293;

e-mail: burenkov@reaviz.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author