

DOI: 10.32364/2587-6821-2025-9-6-11

Сочетанный протокол лечения андрогенной алопеции с применением фотодинамической терапии и экзосом из стволовых клеток розы дамасской (клиническое наблюдение)

Н.А. Саламашенко

ООО «ИНСКИН», Санкт-Петербург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

В современной трихологической практике врача-дерматовенеролога по-прежнему острым вопросом остается эффективное и безопасное лечение и поддержание длительной ремиссии андрогенной алопеции. Несмотря на зарекомендовавшие себя протоколы терапии, включающие как лекарственные, так и инъекционные методики, удовлетворенность лечением со стороны и пациентов, и врачей не всегда бывает высокой. Из-за длительности терапии комплаентность со стороны пациентов низкая, что усугубляется страхами обострения заболевания при отмене терапии. В связи с этим актуальным является применение комбинированных методик, позволяющих не только добиться клинически выраженного синергического эффекта, но и уменьшить длительность терапии. В статье представлено клиническое наблюдение терапии андрогенной алопеции по женскому типу с применением комбинированного протокола, включающего фотодинамическую терапию и накожное применение экзосом из стволовых клеток дамасской розы. Обсуждаются механизмы патогенетического воздействия и возможности интеграции данных методик в стандартные схемы лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: андрогенная алопеция, андрогенетическая алопеция, АГА, фотодинамическая терапия, экзосомы, стволовые клетки розы дамасской, регенеративная медицина.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Саламашенко Н.А. Сочетанный протокол лечения андрогенной алопеции с применением фотодинамической терапии и экзосом из стволовых клеток розы дамасской (клиническое наблюдение). РМЖ. Медицинское обозрение. 2025;9(6):363–368. DOI: 10.32364/2587-6821-2025-9-6-11

Combined protocol for the treatment of androgenic alopecia using photodynamic therapy and exosomes from Damask rose stem cells (case report)

N.A. Salamashenko

INSKIN LLC, St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

In contemporary trichological practice, the effective and safe management of androgenetic alopecia, as well as the maintenance of long-term remission, remains a pressing issue for dermatovenereologists. Despite well-established treatment protocols incorporating both pharmacological and injectable methods, the overall satisfaction with therapy among both patients and practitioners is not always optimal. Low patient compliance is commonly observed due to the prolonged therapy duration, further compounded by concerns regarding disease exacerbation upon discontinuation of treatment. Therefore, the implementation of combined treatment tactics has become particularly relevant, as such approaches can achieve clinically significant synergistic effects while also reducing the total duration of therapy.

This article presents a case study concerning the treatment of female-pattern androgenetic alopecia using a combined protocol that includes photodynamic therapy and topical application of exosomes derived from Damask rose stem cells. The pathophysiological mechanisms underlying these interventions are discussed, as well as the potential integration of these methods into standard care algorithms.

KEYWORDS: androgenetic alopecia, androgenic alopecia, AGA, photodynamic therapy, exosomes, Damask rose stem cells, regenerative medicine.

FOR CITATION: Salamashenko N.A. Combined protocol for the treatment of androgenic alopecia using photodynamic therapy and exosomes from Damask rose stem cells (case report). Russian Medical Inquiry. 2025;9(6):363–368 (in Russ.). DOI: 10.32364/2587-6821-2025-9-6-11

ВВЕДЕНИЕ

Андрогенная (или андрогенетическая) алопеция (АГА) является наиболее распространенной формой патологического выпадения волос. Оба термина — «андрогенная» и «андрогенетическая» — равнозначны и подчеркивают либо преимущественно роль половых гормонов, либо акцентируют внимание на генетической предрасположен-

ности. Патология данного заболевания до конца не изучена, однако считается, что в ее основе лежит мультифакторный механизм, включающий как генетические, так и гормональные аспекты. На развитие заболевания и тяжесть течения могут оказывать влияние экологические факторы, образ жизни, сопутствующая патология [1]. Сама по себе АГА не является тяжелым заболеванием, ока-

зывают влияние на состояние здоровья, однако может вызвать тревогу, депрессию и социальную изоляцию, значительно снижая качество жизни как мужчин, так и женщин¹. Согласно эпидемиологическим данным, заболевание встречается у 30% мужчин в возрасте 30 лет, достигая 50% к 50 годам. У женщин распространенность составляет около 19% среди представителей европеоидной расы, значительно увеличиваясь с возрастом до 40% в 70 лет [2].

Андрогенная алопеция представляет собой продолжительный и непрерывный процесс, и его клинические проявления варьируют от пациента к пациенту. Типичная *клиническая картина*¹ характеризуется выпадением волос на генетически предрасположенных участках кожи головы в сочетании с укорочением фазы роста волос и удлинением фазы покоя, в результате чего волосы становятся короче, тоньше, снижается их пигментация. У части пациентов заболевание клинически проявляется только в определенных областях поражения, у других пациентов процесс носит диффузный характер: наблюдается общее поредение волос с сохранением нормального диаметра волос на интактных участках. Кроме того, клиническая картина АГА меняется в зависимости от пола и расовой принадлежности пациента. У мужчин основные клинические характеристики АГА включают выпадение волос в области передней линии роста волос с последующим образованием лобно-височных и теменных залысин. Клиническая картина женской АГА характеризуется поредением и истончением волос либо в височной, либо в теменной области, однако может иметь место и диффузный характер выпадения с преобладанием истончения и поредения волос в лобно-теменной области, височных областях, иногда затрагивается и затылочная зона, а также определяется умеренное усугубление лобно-височных углов.

Диагноз «андрогенная алопеция» ставят на основании семейного и медицинского анамнеза и осмотра пациента, в ходе которого оценивают степень тяжести алопеции по шкале Людвига для женщин и шкале Гамильтона — Норвуда для мужчин, тракционный теста, дерматоскопии, трихограммы, патогистологического исследования при необходимости.

Патогенез АГА включает сложные молекулярные механизмы, такие как активация 5 α -редуктазы, превращающей тестостерон в более активный дигидротестостерон, который связывается с андрогенными рецепторами волосяных фолликулов, приводя к их постепенной миниатюризации и сокращению продолжительности фазы анагена, что приводит к уменьшению количества растущих волос. Генетическую предрасположенность к развитию АГА на сегодняшний день подтверждают большинство исследований [3].

Современные подходы к лечению АГА включают как медикаментозные, так и аппаратные методы, направленные на стимуляцию роста волос, снижение негативного влияния андрогенов и улучшение состояния кожи головы, а также трансплантацию волос. Наиболее изученным и распространенным на сегодняшний день считается применение миноксидила и финастерида, однако их эффективность ограничена, а длительное применение может сопровождаться нежелательными явлениями и низкой приверженностью лечению со стороны пациента. Зачастую это связа-

но с возникновением у пациентов страха синдрома отмены и необходимостью ежедневного длительного использования лекарственных средств. Также данные препараты демонстрируют высокую клиническую эффективность не у всех пациентов. В связи с этим последние годы активно развиваются инновационные методы лечения алопеции, включающие фотодинамическую терапию (ФДТ) и применение экзосом, которые представляют перспективные направления в регенеративной медицине [4].

Представляем клиническое наблюдение пациентки с АГА по женскому типу, лечение которой проведено с применением комбинированного протокола, включающего ФДТ и накожное применение экзосом (пациентка подписала информированное добровольное согласие на публикацию данных и фотографий).

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

На прием в клинику «ИНСКИН» обратилась пациентка 45 лет с жалобами на выраженное поредение волос в височных областях. Отмечает изменение качества волос в виде истончения и замедленного роста, а также тусклость волос.

Ранее при обращении с данными жалобами в другую клинику получала процедуры введения в кожу головы аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, и наружную терапию лосьоном с содержанием миноксидила 2%. Однако в связи с повышенной чувствительностью не смогла пройти необходимый курс инъекционной терапии, от наружного применения лосьона с миноксидилом спустя 2 мес. отказалась.

Из семейного анамнеза известно о раннем выпадении волос у отца и старшей сестры.

Status localis на момент обращения: при осмотре изменений на коже волосистой части головы не выявлено; отмечается поредение волос в височно-теменных областях справа и слева, расширение пробора. Волосы эпилируются довольно легко, безболезненно. При проведении тракционной пробы в руках остается до 10 волос (см. рисунок, А, С).

При дерматоскопии с 20-кратным увеличением с использованием Handyscore отмечается анизотрихоз; пушковые волосы; отдельные волосные фолликулы; единичные перипапиллярные признаки в виде коричневых ареол вокруг волосяных фолликулов (см. рисунок, Е, G). Установлен диагноз: андрогенная алопеция по женскому типу, тяжесть по шкале Людвига II.

Учитывая ранее проводимое лечение, было принято решение о проведении курса ФДТ на аппарате REVIXAN MIDI+ с применением фотосенсибилизатора REVIXAN CAPILLI № 6 с периодичностью 1 процедура в неделю в сочетании с комплексными процедурами накожного применения экзосом ASCEplus SRLV с последующей фотобиомодуляцией REVIXAN (без применения фотосенсибилизатора) курсом 5 процедур с периодичностью 1 раз в месяц. Рекомендовано домашнее применение лазерной расчески REVIXAN, сочетающей низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) и ФДТ для поддержания клинического результата.

Обоснованность терапевтического протокола. ФДТ основана на использовании фотосенсибилизаторов, кото-

¹ Клинические рекомендации. Андрогенная алопеция. (Электронный ресурс). URL: https://docviewer.yandex.com/view/0/?page=1&*a=P8C6aHTJELqkYUNXNDjd6Rd4k71nVybCl6lhlLWJyb3dzZXI6Ly80RFQxdVhFUFJySjYbFVGB2V3cnVDZDNyRDBBYm4wdkdzSVE4cmM5Sk5UUkxWm9kOWIzc1dFWGx2Ny1IRGxjOGtYd3RDMnhjMU41a24xSnZmekRDnKowcWJDS040THhfWjZGanBiNThyOXZldWJlQ2I1BM1RXOW1zQ1FRMjY5NTdQZ112Nk5Gd3A4b2dFnpRlU2FiOUE9PT9zaWduPWRyS09PZkhfZnFrU1NnbXVWVW1KdFVzUxIazFcd30SjB3MjQ4VkJ1eTg9IiwidG10bGUilOitCgINCQQL3QtNGAOL7Qs9C10L3QvdcW0Y8g0LDQu9C%2BOL%2FQtdGGOLjRjyAyMDlyLmRvYyIsIm5vaWZyYw11IjpmYWxzZSwidWkljoiMClslsRzjfoxNzUyNjU0OTk0MTE3LCJ5dSI6IjksMjZlNjZmMjE2NjM3Njk4NzcfQ%3D%3D (дата обращения: 15.06.2025).

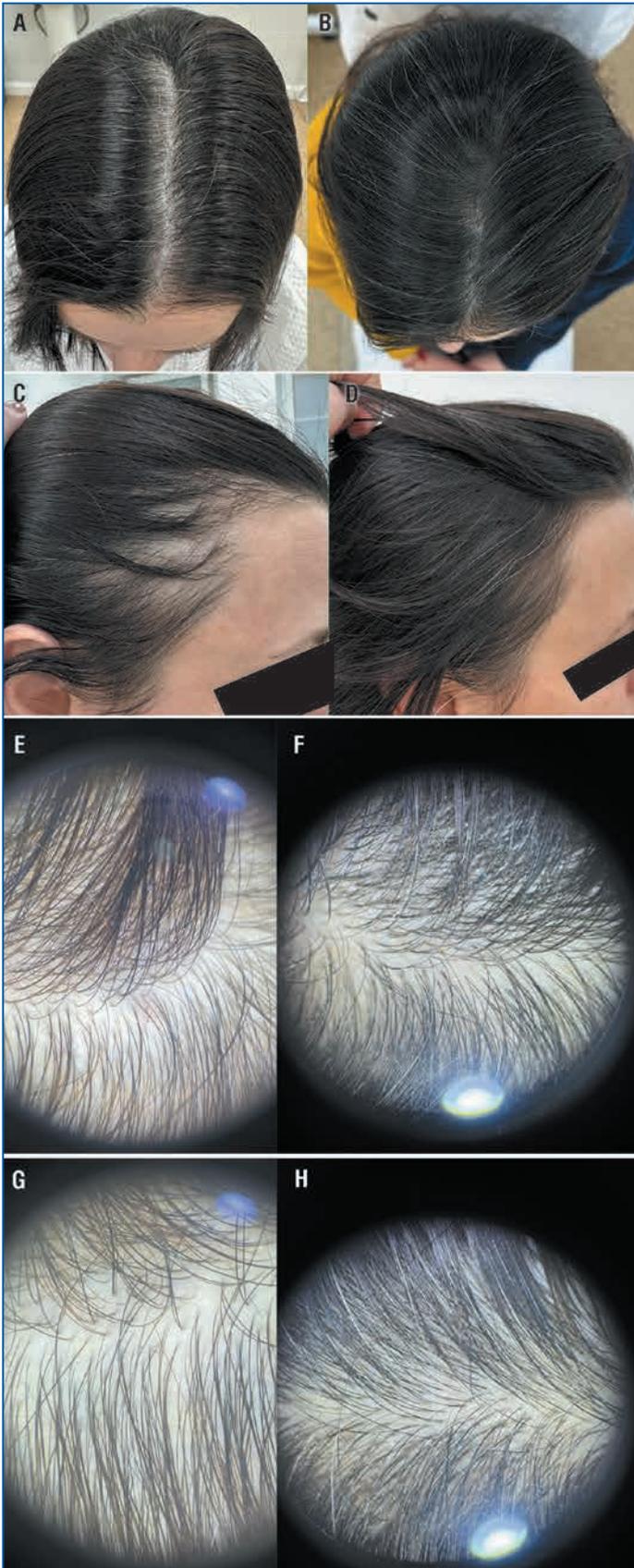


Рисунок. Вид сверху (A, B) и справа (C, D), дерматоскопическая картина сверху (E, F) и справа (G, H) до (A–G) и после (B–H) курса лечения

Figure. Superior (A, B) and right side (C, D) views, dermatoscopic images from above (E, F) and from the right side (G, H) before (A–G) and after (B–H) the treatment course

рые при активации светом определенной длины волны генерируют активные формы кислорода (АФК), оказывающие цитотоксическое действие.

Согласно патентным данным ФДТ может стимулировать рост волос посредством активации фотосенсибилизатора в волосяных фолликулах и окружающих тканях. Облучение видимым светом соответствующей длины волны и интенсивности активирует фотосенсибилизатор, стимулируя и восстанавливая рост волос [5]. В нашем клиническом наблюдении ФДТ проводили на оборудовании REVIXAN MIDI+ с использованием уникального фотосенсибилизатора на основе модифицированного хлорофилла — R-OXY-CE6-ACTIVE, который извлекается из микроводоросли *Spirulina Platensis* и представляет собой смесь производных хлорофилла, содержащую хлорин еб и его амфифильные аналоги.

Основным механизмом действия ФДТ является контролируемая генерация АФК. При активации фотосенсибилизатора световым излучением с длиной волны 630–670 нм происходит фотохимическая реакция, в результате которой образуются АФК. В контролируемых концентрациях АФК выполняют регуляторную функцию, активируя ключевые сигнальные пути клеточной регенерации [6]. Достичь контролируемого выброса АФК можно только в аппаратах с регулируемой интенсивностью света, что с успехом реализовано в оборудовании REVIXAN. Генерируемые АФК активизируют критически важный для регенерации волос Wnt/ β -катениновый сигнальный путь и PI3K/AKT/GSK-3 β сигнальный каскад, который ингибирует протеасомную деградацию β -катенина в стволовых клетках волосяных фолликулов [7]; β -катенин играет центральную роль в активации покоящихся стволовых клеток волосяных фолликулов и инициации нового цикла роста волос [8]. Используемый в процедуре препарат REVIXAN CAPILLI содержит цинковые (Zn^{2+}) и медные (Cu^{2+}) металлокомплексы R-OXY-CE6-ACTIVE в липосомальной структуре с троксерутином и является фотосенсибилизатором хлоринового ряда, содержащим в тетрапирольном кольце ионы меди и цинка, которые обеспечивают дополнительные механизмы стимуляции роста волос.

Красный свет (630–670 нм) также обладает выраженным противовоспалительным эффектом, который особенно важен при АГА [9, 10], что в итоге приводит:

- ♦ к снижению уровней провоспалительных цитокинов IL-6, IL-8 и TNF- α ;
- ♦ нормализации функции сальных желез и уменьшению себорейных проявлений;
- ♦ созданию оптимальной среды для здорового роста волос;
- ♦ улучшению доставки питательных веществ к корням волос.

Инфракрасный свет 850 нм обеспечивает улучшение кровотока, усиление иммунной реакции и обеспечивает пенетрацию нанесенных на кожу препаратов, в частности экзосомальных продуктов.

Обоснованность применения экзосом в трихологии подтверждается многочисленными исследованиями и мировым клиническим опытом [11–14].

В данном клиническом наблюдении были использованы экзосомы ASCE^{plus} HRLV, полученные по запатентованной технологии ExoSCRTTM южнокорейской компанией ExoCoBIO [15]. ASCE^{plus} HRLV представляет собой лиофилизированный порошок, содержащий 10 млрд экзосом, полученных из стволовых клеток розы дамасской (*Rosa*

damascena), дополнительно обогащенный биотином, пептидами, аминокислотами, витаминами и минералами. Благодаря уникальной технологии получения и лиофилизации обеспечивается стабильность и сохранение функциональной активности экзосом без риска репликации клеток, что важно с точки зрения безопасности их применения.

Источником экзосом были выбраны стволовые клетки дамасской розы. Экзосомы растительного происхождения обладают уникальными биологическими свойствами и высоким профилем безопасности. Они не вызывают иммунного ответа со стороны тканей человека, не онкогенны, не несут риска передачи зоонозов, отвечают этическим и юридическим нормам применения. Компания-разработчик EhoCoBio обладает множественными исследованиями и публикациями, подтверждающими безопасность и эффективность ASCE^{plus} HRLV. Особенно стоит отметить наличие у компании патентов, подтверждающих активизацию роста и предупреждение выпадения волос [16] и первый в мире патент на экзосомы, полученные из стволовых клеток, обладающие эффектом восстановления цвета волос [17]. Экзосомы содержат 598 типов микроРНК (miR) факторы роста и питательные вещества, направленные на улучшение состояния волос и кожи головы. К ключевым стимулирующим рост волос микроРНК, содержащимся в большом количестве в ASCE^{plus} HRLV, относятся:

- ♦ miR-100 и miR-25 — активируют Wnt/ β -катениновый сигнальный путь, способствуя переходу фолликулов из фазы покоя в фазу роста (анаген), и пролиферацию кавеолин 1 2, CDC42, DDR2, GFFR2 и т. д. [18];
- ♦ miR-22 — регулирует дифференцировку стволовых клеток волосяных фолликулов;
- ♦ miR-21 — способствует пролиферации клеток дермальной папиллы и подавляет воспаление [19, 20];
- ♦ miR-125b — участвует в регуляции клеточного цикла и предотвращает апоптоз фолликулярных клеток [21, 22];
- ♦ miR-229, miR-385, miR-203, PRDX1, PRDX6 — обладают антиоксидантными свойствами.

Именно эти микроРНК в составе экзосом обеспечивают модуляцию ключевых сигнальных путей, таких как Wnt/ β -катенин, PI3K/Akt, MAPK, что приводит к активации стволовых клеток волосяных фолликулов и стимуляции их пролиферации.

Факторы роста EGF, FGF, TGF- β , IGF в составе экзосом усиливают процессы регенерации, улучшают микроциркуляцию и создают благоприятную среду для восстановления волосяных фолликулов. Экзосомы снижают уровень провоспалительных цитокинов (IL-6, IL-8, TNF- α), уменьшая хроническое воспаление кожи головы, которое является одним из факторов прогрессирования АГА.

В описываемом клиническом наблюдении в связи с жизненными обстоятельствами было выполнено 4 процедуры ФДТ на аппарате REVIXAN MIDI+ с применением фотосенсибилизатора REVIXAN CAPILLI с интервалом между процедурами 7–10 дней и 3 сочетанные процедуры с применением экзосом ASCE^{plus} SRLV с интервалом 1 мес. между 1-й и 2-й процедурами и 3 мес. между 2-й и 3-й процедурами. Контрольное фотографирование было выполнено через 3 мес. после последней сочетанной процедуры.

Считаем важным отметить, что на протяжении всего периода наблюдения пациентка не использовала химические красители для окраски волос.

Протоколы процедур:

1. Фотодинамическая терапия — нанесение REVIXAN CAPILLI, экспозиция 30 мин; световое воздействие со следующими параметрами: синий свет 400 нм — 20–40% для активирования хлорофильного комплекса R-OXY-CE6-ACTIVE, красный свет 660 нм — 40–100% (постепенное повышение с каждой последующей процедурой), инфракрасный 850 нм — 80–100%, общее время воздействия — 20 мин.
2. Сочетанный протокол — проведение процедуры сухой аппаж, нанесение восстановленного физиологическим раствором NaCl 0,9% в объеме 4 мл лиофилизата экзосом ASCE^{plus} HRLV, фотобиомодуляция без использования сенсибилизатора с параметрами: красный свет 660 нм — 40–80%, инфракрасный 850 нм — 80–100%; общее время воздействия — 20 мин.

Результат проведенной терапии представлен на рисунке, В, D, F, H. Комбинированный подход показал синергетический эффект — через 9 мес. после начала наблюдения отмечаются значительное увеличение плотности волос по сравнению с исходным уровнем, однородность диаметра волос, уменьшилось количество одиночных фолликулярных юнитов, отсутствуют перипапиллярные признаки. Уменьшилась ширина пробора, что говорит о снижении тяжести проявления алопеции по шкале Людвига. Восстановилась яркость цвета волос.

Удовлетворенность терапией оценивается пациенткой как высокая.

Обсуждение

Представленное клиническое наблюдение демонстрирует возможности лечения АГА при неэффективности лечения согласно клиническим рекомендациям и/или отказе пациента от них и высокой чувствительности к инъекционным методам терапии.

Анализ научных публикаций о механизмах действия ФДТ и накожном нанесении экзосом позволяет говорить о данных методах как о патогенетических. Также важным аспектом считаем, что использование фотобиомодуляции в сочетанных протоколах благодаря ее механизмам действия позволяет максимально раскрыть терапевтические возможности экзосом, оставаясь при этом в юридическом поле. На данный момент препараты, содержащие экзосомы, разрешены исключительно для накожного нанесения. Однако в связи с недостаточным периодом наблюдения (в том числе в мировой клинической практике) применения данных методов для лечения АГА, необходимы дальнейшие исследования для разработки оптимальных протоколов терапии с учетом тяжести течения АГА. В нашей клинике при поддержке компании «Маруга» было проведено клиническое наблюдение комбинированного применения экзосом ASCE^{plus} HRLV и фотобиомодуляции REVIXAN для терапии АГА без дополнительной терапии. Под наблюдением находились 10 пациентов в возрасте от 39 до 67 лет, получивших курс из 5 сочетанных процедур. Во всех случаях был получен выраженный клинический результат, подтвержденный в ходе 9-месячного периода наблюдения.

Особое внимание стоит уделить контрольным визитам пациентов в клинику для наблюдения за течением заболевания и назначением поддерживающих процедур. Также мы считаем важным для закрепления и поддержа-

ния результата рекомендовать применение НИЛИ-терапии в домашних условиях с использованием лазерной расчески REVIXAN, сочетающей НИЛИ и ФДТ, для поддержания клинического результата.

Комбинированное применение методов, описанных в данном клиническом наблюдении, имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- ♦ неинвазивность, отсутствие болевых ощущений и периода реабилитации после процедур;
- ♦ минимальный риск побочных эффектов, в том числе отсутствие системных нежелательных явлений, в отличие от системной терапии финастеридом;
- ♦ возможность комбинирования как между собой, так и с традиционными подходами лечения;
- ♦ регенеративный потенциал: в отличие от симптоматической терапии, данные методы воздействуют на фундаментальные механизмы регенерации волосяных фолликулов.

Несмотря на обнадеживающие результаты, существуют определенные ограничения в применении данных методов:

- необходимость множественных сеансов;
- ограниченные долгосрочные данные, необходимы дополнительные исследования для оценки долгосрочной эффективности и безопасности;
- индивидуальная вариабельность ответа: эффективность может варьировать в зависимости от стадии алопеции и индивидуальных особенностей пациента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные методы ФДТ, фотобиомодуляции и эксосомальной терапии могут успешно интегрироваться в существующие алгоритмы лечения АГА как методы второй линии терапии, как основная терапия при отказе пациента от стандартной терапии или в качестве адъювантного лечения при недостаточной эффективности стандартной терапии. Особенно перспективным представляется их применение на ранних стадиях заболевания, когда сохранен значительный пул миниатюризированных фолликулов, способных к реактивации. ▲

Литература / References

1. Новоселов В.С., Ковалева А.А. Андрогенетическое поредение волос по женскому типу: обзор клинической картины, патофизиологии и зарубежного опыта лечения. *Медицинский алфавит*. 2017;2(21):23–32.
- Novosyolov V.S., Kovalyova A.A. Female hair loss: review of clinical picture, pathophysiology and foreign experience of treatment. *Medical alphabet*. 2017;2(21):23–32 (in Russ.).
2. Кондрахина И.Н., Вербенко Д.А., Затевалов А.М. и др. Значение генетических и негенетических факторов в возникновении и развитии андрогенной алопеции у мужчин: многопараметрический анализ. *Вестник РАМН*. 2019;74(3):167–175. DOI: 10.15690/vramn1141
- Kondrakhina I.N., Verbenko D.A., Zatevalov A.M. et al. The value of genetic and non-genetic factors in the occurrence and development of androgenetic alopecia in men: multifactor analysis. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2019;74(3):167–175 (in Russ.). DOI: 10.15690/vramn1141
3. Карнауков В.К., Лукьянова А.А., Лукашина М.И. и др. Современные подходы к лечению андрогенетической алопеции. *Вестник дерматологии и венерологии*. 2017;93(1):21–30. DOI: 10.25208/0042-4609-2017-93-1-21-30

- Karnaukhov V.K., Lukyanova A.A., Lukashina M.I. et al. The Modern treatment of androgenetic alopecia. *Vestnik dermatologii i venerologii*. 2017;93(1):21–30. DOI: 10.25208/0042-4609-2017-93-1-21-30
4. Mai Q., Han Y., Cheng G. et al. Innovative Strategies for Hair Regrowth and Skin Visualization. *Pharmaceutics*. 2023;15(4):1201. DOI: 10.3390/pharmaceutics15041201
5. PubChem [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004-. PubChem Patent Summary for US-2008056996-A1, Photodynamic therapy for the treatment of hair loss. (Electronic resource.) URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/patent/US-2008056996-A1> (access date: 12.07.2025).
6. Новиков В.Е., Левченкова О.С., Пожилова Е.В. Роль активных форм кислорода в физиологии и патологии клетки и их фармакологическая регуляция. *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. 2014;12(4):13–21. DOI: 10.17816/RCF12413-21
- Novikov V.E., Levchenkova O.S., Pozhilova Y.V. Role of reactive oxygen species in cell physiology and pathology and their pharmacological regulation. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*. 2014;12(4):13–21 (in Russ.). DOI: 10.17816/RCF12413-21
7. Jin H., Zou Z., Chang H. et al. Photobiomodulation therapy for hair regeneration: A synergetic activation of β -CATENIN in hair follicle stem cells by ROS and paracrine WNTs. *Stem Cell Reports*. 2021;16(6):1568–1583. DOI: 10.1016/j.stemcr.2021.04.015
8. Choi B.Y. Targeting Wnt/ β -Catenin Pathway for Developing Therapies for Hair Loss. *Int J Mol Sci*. 2020;21(14):4915. DOI: 10.3390/ijms21144915
9. Gerkowicz A., Bartosińska J., Krakowski P. et al. Red LED light therapy for telogen effluvium in the course of long COVID in patients with and without androgenetic alopecia. *Ann Agric Environ Med*. 2024;31(2):239–247. DOI: 10.26444/aaem/177238
10. Barolet D., Roberge C.J., Auger F.A. et al. Regulation of skin collagen metabolism in vitro using a pulsed 660 nm LED light source: clinical correlation with a single-blinded study. *J Invest Dermatol*. 2009;129(12):2751–2759. DOI: 10.1038/jid.2009.186
11. Cheng M., Ma C., Chen H.D. et al. The Roles of Exosomes in Regulating Hair Follicle Growth. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2024;17:1603–1612. DOI: 10.2147/CCID.S465963
12. Wang G., Wang Z., Zhang J. et al. Treatment of androgenetic alopecia by exosomes secreted from hair papilla cells and the intervention effect of LTF. *J Cosmet Dermatol*. 2023;22(11):2996–3007. DOI: 10.1111/jocd.15890
13. Lueangarun S., Cho B.S., Tempark T. Rose stem cell-derived exosomes for hair regeneration enhancement via noninvasive electroporation in androgenetic alopecia. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(11):3791–3794. DOI: 10.1111/jocd.16463
14. Ersan M., Ozer E., Akin O. et al. Effectiveness of Exosome Treatment in Androgenetic Alopecia: Outcomes of a Prospective Study. *Aesthetic Plast Surg*. 2024;48(21):4262–4271. DOI: 10.1007/s00266-024-04332-3
15. A method to prepare an exosome and/or extracellular vesicle and a composition comprising it. Patent KR101895916B1. (Electronic resource.) URL: <https://patents.google.com/patent/KR101895916B1/en?q=10-1895916#patentCitationshttps://patentimages.storage.googleapis.com/a4/47/b1/0003ec98926707/KR101895916B1.pdf> (access date: 12.07.2025).
16. Freeze-dried formulation of exosomes derived from stem cell and composition comprising the same for promoting hair growth or preventing hair loss. Patent KR102209294B1. (Electronic resource.) URL: <https://patents.google.com/patent/KR102209294B1/en?q=KR+10-2209294+> (access date: 12.07.2025).
17. Composition for blackening hair, preventing whitening of hair, or coloring hair comprising an exosome derived from stem cell as an active ingredient. Patent KR102265875B1. (Electronic resource.) URL: <https://patents.google.com/patent/KR102265875B1/en?q=KR+10-2265875> (access date: 12.07.2025).

18. Cao L., Tian T., Huang Y. et al. Neural progenitor cell-derived nanovesicles promote hair follicle growth via miR-100. *J Nanobiotechnology*. 2021;19(1):20. DOI: 10.1186/s12951-020-00757-5
19. Cai B., Zheng Y., Ma S. et al. Long non-coding RNA regulates hair follicle stem cell proliferation and differentiation through PI3K/AKT signal pathway. *Mol Med Rep*. 2018;17(4):5477–5483. DOI: 10.3892/mmr.2018.8546
20. Xie J., Wu W., Zheng L. et al. Roles of MicroRNA-21 in Skin Wound Healing: A Comprehensive Review. *Front Pharmacol*. 2022;13:828627. DOI: 10.3389/fphar.2022.828627
21. Mokabber H., Vatankhah M.A., Najafzadeh N. The regulatory role of microRNAs in the development, cyclic changes, and cell differentiation of the hair follicle. *Process Biochemistry*. 2022;114(1). DOI: 10.1016/j.procbio.2022.01.016
22. Chunhua Z., Le F., Shengli L. et al. Multi-omics and AI-driven advances in miRNA-mediated hair follicle regulation in cashmere goats. *Front Vet Sci*. 2025;12:1635202. DOI: 10.3389/fvets.2025.1635202

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Саламашенко Надежда Александровна — врач дерматовенеролог, косметолог, главный врач клиники ООО «ИНСКИН»; 199155, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Железноводская, д. 20.

Контактная информация: Саламашенко Надежда Александровна, e-mail: n@inskin.clinic

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 28.05.2025.

Поступила после рецензирования 10.06.2025.

Принята в печать 30.06.2025.

ABOUT THE AUTHOR:

Nadezhda A. Salamashenko — dermatovenerologist, cosmetologist, Chief Medical Officer of INSKIN LLC; 20, letter A, room 4-N, Zheleznovodskaya str., St. Petersburg, 199155, Russian Federation.

Contact information: Nadezhda A. Salamashenko, e-mail: n@inskin.clinic

Financial Disclosure: the author has no a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 28.05.2025.

Revised 10.06.2025.

Accepted 30.06.2025.