

Применение лазерных технологий в отечественной дерматоонкологии (обзор литературы)

Кузнецов В.В.

ИАТЭ НИЯУ МИФИ, Обнинск

В обзоре рассмотрены современные представления о механизмах действия фотодинамической терапии и лазериндуцированной термотерапии на организм, технические аспекты применения лазерного излучения различной интенсивности и особенности его действия на биологические ткани. Представлены результаты исследований по использованию этого вида воздействий в комплексе лечебных мероприятий у больных кожными онкологическими заболеваниями. Приведены данные об эффективности и безопасности этих лазерных медицинских технологий. Более чем 35-летний опыт использования лазеров в дерматологии свидетельствует о целесообразности применения этого метода при различных заболеваниях. Однако вопреки положительным результатам, полученным в клинической практике, различные виды лазерной терапии в дерматологии применяются незаслуженно редко. Учитывая простоту, отсутствие побочных реакций, ограниченность противопоказаний при проведении процедур, лазерные медицинские технологии можно отнести к числу наиболее перспективных направлений в дерматологии. Обращается внимание на необходимость внедрения полученных знаний в образовательный процесс в университетах. В настоящее время между МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиалом ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России и ИАТЭ НИЯУ МИФИ ведутся совместные работы по дальнейшей разработке учебно-методического комплекса программы «медицинская физика». Выражается надежда, что данная совместная работа будет способствовать дальнейшему совершенствованию образовательного процесса по медицинской физике в образовательных учреждениях высшего и дополнительного профессионального образования.

Ключевые слова: *лазерная терапия, фотодинамическая терапия, фотосенсибилизатор, лазериндуцированная термотерапия, кожные заболевания, опухоли кожи, дерматология, онкология, базально-клеточная карцинома, актинический кератоз, саркома Капоши.*

Введение

С 70-80 гг. XX века в медицинскую практику интенсивно внедряются лазерные технологии и устройства, которые в настоящее время широко используются при лечении широкого спектра заболеваний [1]. К настоящему времени сформулированы основные тенденции развития лазерных методов в различных областях медицины, постоянно появляются новые технические решения, экспериментальный и клинический материал, свидетельствующий о клинической эффективности и безопасности применения этих методов в лечении различных онкологических [2-4] и неонкологических заболеваний [5], в том числе кожной патологии [6].

Внимание исследователей направлено на изучение возможностей применения физических методов, в частности, метода фотодинамической терапии (ФДТ) [7], по которой уже накоплен значительный массив публикаций [8], в лечении дерматозов и опухолей кожи [9].

В настоящее время ФДТ все шире используется при лечении предопухолевых заболеваний, поверхностно расположенных злокачественных новообразований малых и больших размеров, при множественных опухолях, при первичных и метастатических поражениях у инкурабельных больных и у пациентов с тяжёлыми сопутствующими патологиями.

Противоопухолевая эффективность ФДТ обусловлена широким спектром механизмов действия, влияющих на ключевые звенья развития новообразования: противосудистым эф-

фактом, который осуществляется как за счёт окклюзии или разрушения сосудов, питающих опухоль, так и в результате нарушения процессов неоангиогенеза; непосредственным цитотоксическим действием по отношению к опухолевым клеткам; разрушением стромальных элементов, активацией апоптоза, систем противоопухолевой защиты.

Включение того или иного механизма в реализацию противоопухолевого эффекта ФДТ определяется локализацией фотосенсибилизатора (ФС) в ткани опухоли (сосуд, опухолевая клетка, окружающая ткань), уровнем его накопления в той или иной структуре, а также фотохимической активностью ФС, т.е. способностью генерировать свободнорадикальные процессы в условиях данного микроокружения.

Характер распределения ФС в тканях и его фотоактивность взаимосвязаны и в значительной степени определяются природой фотосенсибилизатора и условиями проведения ФДТ. При использовании различных ФС, варьировании их дозами, интервалами времени между введением ФС и облучением, изменениями в режиме облучения можно изменять направленность механизмов действия ФДТ и выраженность их противоопухолевого эффекта, тем самым можно управлять эффектами ФДТ [10].

Полученные на сегодняшний момент данные об использовании фотодинамической терапии в лечении онкологических дерматологических заболеваний подтверждают большую перспективность использования этого метода. Поэтому возникла объективная необходимость во внедрении достижений этой области медицинской радиологии в образовательный процесс, в частности, в преподавание медицинской физики: чтение лекций, проведение лабораторных работ и т.д.

Цель работы – анализ применения методов, основанных на использовании лазерного излучения, в лечении опухолей кожи.

Применение фотодинамической терапии в дерматоонкологии

В настоящее время при лечении злокачественных новообразований кожи успешно применяется метод ФДТ, к преимуществам которого перед другими методами относятся: малая инвазивность, высокая избирательность поражения раковой опухоли, низкая темновая токсичность вводимых фотосенсибилизаторов, отсутствие риска тяжёлых местных и системных осложнений, возможность проведения ранней диагностики и органосохраняющей терапии, а также одновременное совмещение диагностики и терапии при ФДТ [11, 12].

Объектами многочисленных исследований постоянно являются определение клеточных, тканевых мишеней и механизмы действия ФДТ [13-22].

В экспериментальных исследованиях на крысах показана эффективность и механизмы действия ФДТ саркомы М-1 с использованием фотосенсибилизатора хлоринового ряда фотодитазина. Показано, что тканевыми и клеточными мишенями этого препарата являются стенка сосудов, плазматическая мембрана опухолевых клеток, а также внутриклеточные структуры и механизмы, ответственные за пролиферацию и процессы биосинтеза [23, 24].

Изучено влияние ФДТ с фотодитазином при разных режимах световой энергии на морфофункциональные показатели саркомы М-1. Показано, что дозовая зависимость снижения пролиферативной активности опухолевых клеток по PCNA при подведении 150, 300 и 600 Дж/см² носит нелинейный характер. Основной формой гибели в ранние сроки после ФДТ является прямой фотокоагуляционный некроз, который обусловлен деструкцией сенсibilизирован-

ных клеточных структур, и ишемический некроз, развивающийся в результате альтерации сосудистого русла опухолей. Плотность лазерного излучения не оказывает существенного влияния на уровень индуцированного апоптоза [25].

Благодаря способности ФС накапливаться в опухоли в процессе ФДТ происходит избирательное повреждение ткани опухоли. До настоящего времени наиболее распространённый путь введения ФС в организм – внутривенный [26]. Также в экспериментальных и клинических работах показана высокая эффективность ФДТ с использованием локального введения ФС [27-31].

При этом следует отметить, что одним из главных ограничивающих факторов ФДТ считается недостаточная глубина проникновения светового излучения, поэтому разрабатываются методы интерстициального облучения опухоли [32].

Показана эффективность ФДТ рака кожи, которая зависит от стадии опухолевого процесса, химической структуры и дозы фотосенсибилизатора, параметров облучения [33-35].

Проведён сравнительный анализ различных видов лечения базально-клеточной карциномы (БКК). Показано, что ФДТ является наиболее эффективным методом лечения и существенно расширяет арсенал средств при лечении как первичного, так и рецидивного рака кожи, в том числе неудобных локализаций (ушная раковина, угол глаза, веки, нос и др.), а также при опухолях, резистентных к ранее проводимым методам лечения. Возможно использование ФДТ в комплексе с другими методами лечения. Проведено сравнение эффективности ФДТ при использовании разных ФС. По косметическим результатам ФДТ значительно превосходит другие виды лечения [36].

Высокая эффективность ФДТ отмечена при лечении рецидивов БКК [37], саркомы Капоши [38].

Многочисленные научно-исследовательские работы последних лет показали возможность успешного использования ФДТ и в лечении неонкологических заболеваний кожи [39, 40].

Вышел первый в России атлас по ФДТ [41].

Показана высокая экономическая эффективность ФДТ [35].

Полученные высокоэффективные результаты по применению ФДТ в дерматологии свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований.

Применение лазериндуцированной термотерапии в дерматоонкологии

Имеющиеся в настоящее время данные свидетельствуют о всё более расширяющемся использовании другой медицинской лазерной технологии – лазериндуцированной термотерапии (ЛИТТ) в дерматологии [42].

В экспериментальных исследованиях на крысах с саркомой М-1 была получена высокая эффективность ЛИТТ [43].

В ряде работ показана эффективность ЛИТТ при лечении кожных заболеваний различной этиологии, в том числе БКК [44-48].

Исследования, посвящённые оценке эффективности применения ЛИТТ в лечении БКК, немногочисленны, данные получены на ограниченном количестве больных, часто без указания формы и гистологического типа опухоли.

В отечественной литературе представлены единичные работы о применении ЛИТТ. Так, Гельфонд М.Л. и Барчук А.С. (2002) описали метод лазерной селективной гипертермии, эффективный при лечении злокачественных опухолей наружных локализаций, в том числе БКК. Источником лазерного излучения при лечении БКК служил отечественный полупроводниковый

лазер с длиной волны 810 нм. Диаметр поля лазерного облучения (с использованием оптической насадки) составлял 1 см. Лечение требовало проведения в среднем 6-8 сеансов ЛИТТ [49].

В работе [50] описан комбинированный способ лечения злокачественных новообразований, в частности БКК, с помощью ФДТ и лазерной термотерапии. При ФДТ допускалось внутривенное, аппликационное и интратуморальное введение ФС, в качестве которых применялись соединения со спектром поглощения в диапазоне волн 630-800 нм (порфирины, нафталоцианины, хлорины, бензопорфирины и др.). При ЛИТТ проводилось прогревание злокачественной опухоли в пределах 40-45 °С. Использовали полупроводниковый лазерный аппарат, генерирующий излучение в ближней инфракрасной области оптического диапазона с длиной волны 800-1064 нм. Нагрев опухоли осуществляли в течение не менее 30 минут. ЛИТТ повторяли как минимум дважды с интервалом в 4-5 дней [50].

ЛИТТ используется в лечении БКК при труднодоступной для лучевой терапии и криодеструкции локализации (ушная раковина, угол глаза и др.).

Одним из преимуществ применения лазера в ЛИТТ новообразований является возможность достижения нагрева в строго заданном объёме и конфигурации опухоли, без повреждения окружающей здоровой ткани, что особенно важно при локализации патологического процесса на лице.

Использование данного вида ЛИТТ основано на избирательном перегреве опухолевых тканей по сравнению со здоровыми. Повышение температуры способствует увеличению скорости кровотока и теплоотдачи в здоровой ткани, тогда как в новообразовании из-за несовершенного строения сосудистого русла снижается перфузия, наблюдаются сосудистый отёк и формирование многочисленных микротромбозов. Нарушение кровотока в новообразовании приводит к хронической гипоксии, истощению запасов аденозинтрифосфорной кислоты, замедлению или нарушению репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты в клетках. Этими механизмами объясняются повышение термочувствительности клеток солидных опухолей и развитие в них при 42,5 °С необратимых повреждений за счёт некроза и апоптоза.

Показана роль температурно-индуцируемой продукции белков теплового шока (heat shock proteins – HSP) в формировании специфического иммунного ответа на опухолевые антигены. Для эффективной ЛИТТ необходим нагрев патологического очага до 43-45 °С, что обеспечивается подбором специальных световодов (диффузионных рассеивателей) и соответствующим температурным контролем, который, в свою очередь, выполняется при помощи специальных термозондов (игольчатых щупов, гибких катетеров). При перегреве происходит поражение и здоровой ткани, а недостаточный нагрев может спровоцировать рост опухоли. Температурный контроль при ЛИТТ затруднён в связи со сложной динамикой взаимодействия лазерного излучения и биоткани (неоднородностью теплового поля вокруг диффузионного рассеивателя), а также по причине глубинного расположения новообразования. Воздействие лазерным излучением осуществляется локально в пределах видимой границы опухоли до наступления спазма сосудов опухоли, который выражается в побледнении облучаемого участка по сравнению с окружающими гиперемизированными здоровыми тканями. Избирательность термоповреждения злокачественных клеток при сохранности здоровых тканей достигается не только за счёт локального воздействия лазерного излучения, но и в результате повышенной термочувствительности опухоли. В здоровой ткани скорость кровотока и теплоотдача линейно возрастают с увеличением температуры. Этот феномен определяет селективность перегрева опухолевых тканей по сравнению со здоровыми.

Недостаточная изученность применения ЛИТТ в дерматоонкологии и малые выборки пациентов в доступных публикациях свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований.

Заключение

Интенсивное развитие лазерных технологий определяется такими факторами, как высокая универсальность метода, представляющего собой в ряде случаев реальную альтернативу другим методам лечения, сочетаемость практически со всеми видами лечения, возможность повышать чувствительность к ряду лекарственных препаратов, отсутствие широкого спектра противопоказаний, характерных для стандартных методов лечения, и, наконец, высокие экономические показатели. В клинической и экспериментальной дерматологии можно выделить несколько основных направлений изучения механизма действия лазерного излучения на кожу и организм в целом:

- разработка методов активного воздействия на клеточные, гуморальные и нервные компоненты с целью активации обменных процессов;
- изыскание возможностей для лечения заболеваний кожи лазерным излучением различной мощности и разной длиной волны;
- расширение сферы применения лазерного излучения.

Анализ данных литературы показывает, что применение лазерного воздействия в комплексе лечебных мероприятий у больных с кожными заболеваниями повышает эффективность терапии, сокращает сроки лечения, имеет минимальное количество ограничений. Более чем 35-летний опыт использования лазеров в дерматологии свидетельствует о целесообразности применения этого метода при различных заболеваниях. Однако вопреки положительным результатам, полученным в клинической практике, различные виды лазерной терапии в дерматологии применяются незаслуженно редко. Учитывая простоту, отсутствие побочных реакций, ограниченность противопоказаний при проведении процедур, лазерные медицинские технологии можно отнести к числу наиболее перспективных направлений в дерматологии.

Отдельно хотелось бы обратить особое внимание на внедрение полученных знаний в образовательный процесс в университетах. В настоящее время между МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиалом ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России и ИАТЭ НИЯУ МИФИ ведутся совместные работы по дальнейшей разработке учебно-методического комплекса программы «медицинская физика». Надеемся, что наша работа будет способствовать дальнейшему совершенствованию образовательного процесса по медицинской физике в образовательных учреждениях высшего и дополнительного профессионального образования.

Литература

1. **Капкан М.А., Романко Ю.С.** Лазерная фотодинамическая терапия (обзор, состояние проблемы и перспективы) //Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2004. № 1. С. 43-48.
2. **Цыб А.Ф., Капкан М.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В.** Фотодинамическая терапия. М.: МИА, 2009. 195 с.
3. **Коренев С.В., Вайсбейн И.З., Попучиев В.В., Романко Ю.С.** Применение флуоресцентной диагностики в определении тактики лечения рака вульвы //Современные технологии акушерства и гинекологии в решении проблем демографической безопасности: сб. научн. трудов. Калининград, 2014. С. 69-72.
4. **Коренев С.В., Романко Ю.С.** Возможности фотодинамической терапии при раке вульвы //Современные технологии акушерства и гинекологии в решении проблем демографической безопасности: сб. научн. трудов. Калининград, 2014. С. 72-76.
5. **Романко Ю.С., Капкан М.А., Попучиев В.В., Сурова Л.В., Эпатова Т.В.** Фотодинамическая терапия ревматоидного артрита //Радиация и риск. 2014. Т. 23, № 1. С. 66-77.
6. **Молочков В.А., Снарская Е.С., Поляков П.Ю., Афонин А.В., Сухова Т.Е., Романко Ю.С., Хлебникова А.Н., Таранец Т.А., Королева Л.П., Кладова А.Ю., Челюканова М.В., Козлова Е.С.** К проблеме лечения базалиом кожи //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2005. № 6. С. 4-9.
7. **Филоненко Е.В.** Физические методы в лечении больных раком кожи //Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2012. №2(8). С. 100-105.
8. **Странадко Е.Ф., Каменская В.Н.** Фотодинамическая терапия: наукометрическое исследование //Лазерная медицина. 2013. № 2. С. 44-49.
9. **Сухова Т.Е., Молочков В.А., Романко Ю.С., Матвеева О.В., Решетников А.В.** Лечение базальноклеточного рака кожи на современном этапе //Альманах клинической медицины. 2008. № 18. С. 14-21.
10. **Якубовская Р.И., Кармакова Т.А., Морозова Н.Б., Панкратов А.А., Соколов В.В., Чиссов В.И., Феофанов А.В., Лукьянец Е.А., Мионов А.Ф.** Возможности управления эффектами ФДТ //Российский биотерапевтический журнал. 2004. Т. 3, № 2. С. 60.
11. **Цыб А.Ф., Капкан М.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В.** Клинические аспекты фотодинамической терапии. Калуга: Издательство научной литературы Н.Ф. Бочкаревой, 2009. 204 с.
12. **Романко Ю.С., Капкан М.А., Попучиев В.В., Молочков В.А., Сухова Т.Е., Третьякова Б.И., Таранец Т.А.** Базально-клеточный рак кожи: проблемы лечения и современные аспекты фотодинамической терапии //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2004. № 6. С. 6-10.
13. **Капкан М.А., Никитина Р.Г., Романко Ю.С., Бозаджиев Л. Л., Малыгина А. И., Дрожжина В.В.** Фотодинамическая терапия саркомы М-1 у экспериментальных животных //Лазерная медицина. 1998. Т. 2, № 2-3. С. 38-42.
14. **Капкан М.А., Никитина Р.Г., Малыгина А.И., Романко Ю.С., Бозаджиев Л.Л., Дрожжина В.В., Архипова Л.М., Деев В.В., Смахтин Л.А.** Возможности применения бенгал роз для фотодинамической терапии опухолей //Вопросы онкологии. 1999. Т. 45, № 5. С. 557-559.
15. **Молочков В.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В., Сухова Т.В., Таранец Т.А., Капкан М.А.** Влияние фотодинамической терапии с фотодитазинном на морфофункциональные характеристики саркомы М-1 //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2005. № 5. С. 58-63.
16. **Романко Ю.С., Попучиев В.В., Молочков В.А., Сухова Т.В., Таранец Т.А., Южаков В.В., Сафинова Л.Ш.** Зависимость противоопухолевой эффективности фотодинамической терапии саркомы М-1 с использованием фотодитазина (хлорин E₆) от плотности световой энергии //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2007. № 6. С. 55-59.
17. **Капкан М.А., Пономарев Г.В., Баум Р.Ф., Романко Ю.С., Мардынская В.П., Малыгина А.И.** Изучение специфической фотодинамической активности фотодитазина при фотодинамической терапии саркомы М-1 у крыс //Российский биотерапевтический журнал. 2003. Т. 2, № 4. С. 23-30.
18. **Капкан М.А., Романко Ю.С., Мардынская В.П., Малыгина А.И., Бурмистрова Н.В., Ярославцева-Исаева Е.В., Спиченкова И.В.** Разработка метода фотодинамической терапии с Фотодитазинном у

- экспериментальных животных с саркомой М-1 //Российский биотерапевтический журнал. 2004. Т. 3, № 2. С. 52.
19. **Каплан М.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В., Южаков В.В., Бандурко Л.Н.** Морфофункциональные особенности саркомы М-1 при фотодинамической терапии с использованием фотосенсибилизатора фотодитазин //Российский биотерапевтический журнал. 2004. Т. 3, № 2. С. 53.
 20. **Романко Ю.С., Каплан М.А., Попучиев В.В.** Механизмы действия фотодинамической терапии с фотодитазином на саркому М-1 //Лазерная медицина. 2004. Т. 8, № 3. С. 232.
 21. **Каплан М.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В., Южаков В.В., Бандурко Л.Н., Михина Л.Н., Фомина Н.К., Малыгина А.И., Ингель И.Э.** Влияние плотности световой энергии на противоопухолевую эффективность фотодинамической терапии с фотодитазином //Лазерная медицина. 2005. Т. 9, № 2. С. 46-54.
 22. **Каплан М.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В., Южаков В.В., Бандурко Л.Н., Фомина Н.К., Михина Л.Н., Малыгина А.И., Ингель И.Э.** Действие фотодинамической терапии на рост и функциональную морфологию саркомы М-1 //Лазерная медицина. 2005. Т. 9, № 4. С. 41-47.
 23. **Романко Ю.С., Цыб А.Ф., Каплан М.А., Попучиев В.В.** Влияние фотодинамической терапии с Фотодитазином на морфофункциональные характеристики саркомы М-1 //Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2004. Т. 138, № 12. С. 658-664.
 24. **Романко Ю.С.** Фотодинамическая терапия базальноклеточного рака кожи (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... докт. мед. наук. Обнинск, 2005.
 25. **Романко Ю.С., Цыб А.Ф., Каплан М.А., Попучиев В.В.** Зависимость противоопухолевой эффективности фотодинамической терапии от плотности световой энергии //Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2005. Т. 139, № 4. С. 456-461.
 26. **Цыб А.Ф., Каплан М.А., Молочков В.А., Миронов А.Ф., Романко Ю.С., Капинус В.Н., Третьякова Е.И., Сухова Т.Е.** О применении фотодинамической терапии в лечении солитарных и множественных базалиом //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2000. № 4. С. 4-12.
 27. **Ярославцева-Исаева Е.В., Каплан М.А., Романко Ю.С., Сокол Н.И.** Разработка методики фотодинамической терапии экспериментальной опухоли (саркома М-1) при локальном введении фотосенсибилизатора //Российский биотерапевтический журнал. 2003. Т. 2, № 4. С. 19-22.
 28. **Сухова Т.Е., Романко Ю.С., Матвеева О.В.** Фотодинамическая терапия базально-клеточного рака кожи с локальным применением радахлорина //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2008. № 4. С. 41-44.
 29. **Сухова Т.Е., Романко Ю.С., Ярославцева-Исаева Е.В., Коренев С.В., Прокофьев А.А.** Внутритканевой вариант введения фотосенсибилизатора при фотодинамической терапии базально-клеточного рака кожи (сообщение 1) //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2010. № 2. С. 4-10.
 30. **Таранец Т.А., Сухова Т.Е., Романко Ю.С.** Фотодинамическая терапия базально-клеточного рака кожи с локальным и внутривенным использованием фотосенсибилизатора хлоринового ряда «Фотолон» //Альманах клинической медицины. 2007. № 15. С. 283-288.
 31. **Сухова Т.Е., Романко Ю.С., Молочков А.В., Третьякова Е.И.** К топической фотодинамической терапии базально-клеточного рака кожи //Актуальные вопросы дерматовенерологии и дерматоонкологии: сб. научн. трудов. М., 2011. С. 60-65.
 32. **Каплан М.А., Капинус В.Н., Попучиев В.В., Романко Ю.С., Ярославцева-Исаева Е.В., Спиченкова И.С., Шубина А.М., Боргуль О.В., Горанская Е.В.** Фотодинамическая терапия: результаты и перспективы //Радиация и риск. 2013. Т. 22, № 3. С. 115-123.
 33. **Капинус В.К., Романко Ю.С., Каплан М.А., Пономарев Г.В., Сокол Н.И.** Эффективность флюоресцентной диагностики и фотодинамической терапии с фотосенсибилизатором фотодитазин у больных раком кожи //Российский биотерапевтический журнал. 2005. Т. 4, № 3. С. 69-75.
 34. **Каплан М.А., Капинус В.Н., Романко Ю.С., Ярославцева-Исаева Е.В.** Фотодитазин – эффективный фотосенсибилизатор для фотодинамической терапии //Российский биотерапевтический журнал. 2004. Т. 3, № 2. С. 50.

35. **Романко Ю.С., Коренев С.В., Попучиев В.В., Вайсбейн И.З., Сухова Т.Е.** Основы фотодинамической терапии. Калининград, 2010. 136 с.
36. **Волгин В.Н., Странадко Е.Ф., Тришкина О.В., Кабанова М.А., Кагоянц Р.В.** Сравнительная характеристика различных видов лечения базально-клеточного рака кожи //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2013. № 5. С. 4-10.
37. **Кацалап С.Н., Романко Ю.С.** Выбор варианта фотодинамической терапии рецидивной базалиомы //Вестник эстетической медицины. 2012. Т. 11, № 1. С. 44-48.
38. **Казанцева К.В., Молочков А.В., Молочков В.А., Сухова Т.Е., Прокофьев А.А., Каприн А.Д., Галкин В.Н., Иванов С.А., Каплан М.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В.** Саркома Капоши: патогенез, клиника, диагностика и современные принципы лечения //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2015. Т. 18, № 1. С. 7-15.
39. **Молочков В.А., Молочков А.В., Сухова Т.Е., Хлебникова А.Н., Кунцевич Ж.С., Романко Ю.С., Дибирова С.Д., Бочкарева Е.В.** Местная фотодинамическая терапия кератоакантомы //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2012. № 4. С. 21-24.
40. **Сухова Т.Е., Молочков В.А., Романко Ю.С., Чанглиян К.А., Третьякова Е.И.** Фотодинамическая терапия актинического кератоза с аппликационным применением «Фотодитазина» //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2010. № 5. С. 4-8.
41. **Каплан М.А., Романко Ю.С., Попучиев В.В.** Атлас по фотодинамической терапии. М.: Литтера, 2015. 320 с.
42. **Молочков А.В., Романко Ю.С., Казанцева К.В., Сухова Т.Е., Попучиев В.В., Третьякова Е.И., Матвеева О.В., Кунцевич Ж.С., Молочкова Ю.В., Прокофьев А.А., Дибирова С.Д.** Лазероиндуцированная термотерапия и фотодинамическая терапия в дерматологии: возможности и перспективы //Альманах клинической медицины. 2014. № 34. С. 30-35.
43. **Романко Ю.С., Молочков В.А., Сухова Т.Е., Попучиев В.В., Молочков А.В., Третьякова Е.И., Коренев С.В., Белый Ю.А., Аكوпова К.В.** Действие лазериндуцированной термотерапии на кинетику роста и морфологию саркомы М-1 //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2012. № 3. С. 58-60.
44. **Молочков В.А., Молочков А.В., Романко Ю.С., Белый Ю.А., Аكوпова К.В., Третьякова Е.И., Сухова Т.Е., Попучиев В.В.** Лазероиндуцированная термотерапия базалиомы //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2012. № 2. С. 6-10.
45. **Молочков В.А., Молочков А.В., Романко Ю.С., Аكوпова К.В., Третьякова Е.И., Сухова Т.Е.** Лазероиндуцированная термотерапия (ЛИТТ) – новый метод лечения базалиомы //Актуальные вопросы дерматовенерологии и дерматоонкологии: сб. научн. трудов. М., 2011. С. 68-72.
46. **Молочков А.В., Романко Ю.С., Белый Ю.А., Аكوпова К.В., Третьякова Е.И., Сухова Т.Е., Попучиев В.В.** Лазероиндуцированная термотерапия при лечении базалиомы //Клиническая дерматология и венерология. 2012. Т. 10, № 4. С. 43-47.
47. **Молочков А.В., Сухова Т.Е., Третьякова Е.И., Аكوпова К.В., Королева Л.П., Прокофьев А.А., Румянцев С.А., Алиева П.М., Романко Ю.С., Молочков В.А.** Сравнительные результаты эффективности лазероиндуцированной термотерапии и фотодинамической терапии поверхностной и микронодулярной базалиом //Российский журнал кожных и венерических болезней. 2012. № 4. С. 30-36.
48. **Молочков В.А., Молочков А.В., Романко Ю.С., Сухова Т.Е., Третьякова Е.И., Аكوпова К.В.** Применение лазероиндуцированной термотерапии (ЛИТТ) в лечении базалиомы. М.: Издательство БИНОМ, 2014. 28 с.
49. **Гельфонд М.Л., Барчук А.С.** Лазерная селективная гипертермия в лечении злокачественных новообразований: Методические рекомендации. С-Пб., 2002. 13 с.
50. **Быков Д.В., Казаков А.А., Казачкина Н.И., Свиринов В.Н., Соколов В.В., Черкасов А.С., Черненко В.П., Чиссов В.И., Якубовская Р.И.** Способ лечения злокачественных опухолей: патент № 2196623 РФ. Заявл. 21.07.2000; опубл. 20.01.2003. Бюл. № 2. С. 10.

The use of laser technology in the Russian dermatooncology. Review of the literature

Kuznetsov V.V.

OINPE MEPhI, Obninsk

The review presents modern ideas on mechanisms of photodynamic therapy and laser-induced thermotherapy, as well as technical problems of using laser radiation of different intensities and its effects on biological tissues. Results of research into efficiency and safety of the use of laser radiation in combined treatment of skin cancer are reviewed in the article. Due to efficiency, the ease of use and lack of adverse effects, photodynamic therapy and laser-induced thermotherapy present a very high potential of application in the treatment of skin diseases. More than 35 years of experience in the use of lasers in dermatology demonstrates the high efficiency of this method for treatment of various diseases. However, despite the positive results obtained in clinical practice, laser therapy is used in dermatology unfairly rare. With account of the simplicity, the absence of adverse effects, limited contraindications laser therapeutic technologies can be considered as the most promising treatment modalities in dermatology. New therapeutic technologies should be introduced into educational programs. Researchers of the A. Tsyb MRRC and Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of the National Research Nuclear University MEPhI are working under development of educational complex program «Medical Physics». This cooperation is expected to improve professional training and education in health physics.

Key words: *laser therapy, photodynamic therapy, photosensitizer, laser-induced thermotherapy, skin diseases, tumors of the skin, dermatology, oncology, basal cell carcinoma, actinic keratosis, Kaposi's sarcoma.*

References

1. **Kaplan M.A., Romanko Yu.S.** Lazernaya fotodinamicheskaya terapiya (obzor, sostoyanie problemy i perspektivy) [Laser photodynamic therapy]. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitaciya – Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*, 2004, no. 1, pp. 43-48.
2. **Tsyb A.F., Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V.** *Fotodinamicheskaya terapiya* [Photodynamic therapy]. Moscow, MIA, 2009. 195 p.
3. **Korenev S.V., Vaysbeyn I.Z., Popuchiev V.V., Romanko Yu.S.** Primenenie flyuorestsentnoy diagnostiki v opredelenii taktiki lecheniya raka vul'vy [Application of fluorescence diagnosis in determining the tactics of treatment of cancer of the vulva]. *Sbornik nauchnykh trudov «Sovremennye tekhnologii akusherstva i ginekologii v reshenii problem demograficheskoy bezopasnosti»* [Proc. «Modern technologies of Obstetrics and Gynecology in addressing demographic security»], Kaliningrad, 2014, pp. 69-72.
4. **Korenev S.V., Romanko Yu.S.** Vozможности fotodinamicheskoy terapii pri rake vul'vy [Possibilities of photodynamic therapy for cancer of the vulva]. *Sbornik nauchnykh trudov «Sovremennye tekhnologii akusherstva i ginekologii v reshenii problem demograficheskoy bezopasnosti»* [Proc. «Modern technologies of Obstetrics and Gynecology in addressing demographic security»], Kaliningrad, 2014, pp. 72-76.
5. **Romanko Yu.S., Kaplan M.A., Popuchiev V.V., Surova L.V., Epatova T.V.** Fotodinamicheskaya terapiya revmatoidnogo artrita [Photodynamic therapy for rheumatoid arthritis]. *Radiatsiya i risk – Radiation and Risk*, 2014, vol. 23, no. 1, pp. 66-77.
6. **Molochkov V.A., Snarskaya E.S., Polyakov P.Yu., Afonin A.V., Sukhova T.E., Romanko Yu.S., Khlebnikova A.N., Taranets T.A., Koroleva L.P., Kladova A.Yu., Chelyukanova M.V., Kozlova E.S.** K probleme lecheniya bazaliom kozhi [To the treatment of skin basalomas]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnyh i venericheskikh boleznej – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2005, no. 6, pp. 4-9.

7. **Filonenko E.V.** Fizicheskie metody v lechenii bol'nykh rakom kozhi [Physical methods in the treatment of skin cancer patients]. *Medicinskie tehnologii. Ocenka i vybor – Medical Technologies. Evaluation and Selection*, 2012, no. 2(8), pp. 100-105.
8. **Stranadko E.F., Kamenskaya V.N.** Fotodinamicheskaya terapiya: nauko-metricheskoe issledovanie [Photodynamic therapy: a scientometric study]. *Lazernaya meditsina – Laser Medicine*, 2013, no. 2, pp. 44-49.
9. **Sukhova T.E., Molochkov V.A., Romanko Yu.S., Matveeva O.V., Reshetnikov A.V.** Lechenie bazal'nokletchnogo raka kozhi na sovremennom etape [The present day therapy of cutaneous basal cell carcinoma]. *Al'manah klinicheskoy mediciny – Digest of Clinical Medicine*, 2008, no. 18, pp. 14-21.
10. **Yakubovskaya R.I., Karmakova T.A., Morozova N.B., Pankratov A.A., Sokolov V.V., Chissov V.I., Feofanov A.V., Luk'yanets E.A., Mironov A.F.** Vozmozhnosti upravleniya effektami FDT [Ability to manage the effects of PDT]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal – Russian Journal of Biotherapeutic*, 2004, vol. 3, no. 2, pp. 60.
11. **Tsyb A.F., Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V.** *Klinicheskie aspekty fotodinamicheskoy terapii* [Clinical aspects of photodynamic therapy]. Kaluga, Izdatel'stvo nauchnoy literatury N.F. Bochkarevoy – Kaluga: Publishing scientific literature NF Botchkareva, 2009. 204 p.
12. **Romanko Yu.S., Kaplan M.A., Popuchiev V.V., Molochkov V.A., Sukhova T.E., Tret'yakova B.I., Taranets T.A.** Bazal'no-kletchnyy rak kozhi: problemy lecheniya i sovremennyye aspekty fotodinamicheskoy terapii [Basal cell carcinoma of the skin: the problems of treatment and the current aspects of photodynamic therapy]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2004, no. 6, pp. 6-10.
13. **Kaplan M.A., Nikitina R.G., Romanko Yu.S., Bozadzhiev L. L., Malygina A. I., Drozhzhina V.V.** Fotodinamicheskaya terapiya sarkomy M-1 u eksperimental'nykh zhivotnykh [Photodynamic therapy for carcinoma M-1 in experimental animals]. *Lazernaya medicina – Laser Medicine*, 1998, vol. 2, no. 2-3, pp. 38-42.
14. **Kaplan M.A., Nikitina R.G., Malygina A.I., Romanko Yu.S., Bozadzhiev L.L., Drozhzhina V.V., Arkhipova L.M., Deev V.V., Smakhtin L.A.** Vozmozhnosti primeneniya bengal roz dlya fotodinamicheskoy terapii opukholey [The potential of rose Bengal for photodynamic therapy of tumors]. *Voprosy onkologii – Problems in Oncology*, 1999, vol. 45, no. 5, pp. 557-559.
15. **Molochkov V.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V., Sukhova T.V., Taranets T.A., Kaplan M.A.** Vliyanie fotodinamicheskoy terapii s fotoditazinom na morfofunktsional'nye kharakteristiki sarkomy M-1 [Impact of photodynamic therapy using Photoditazin on the morphofunctional characteristics of sarcoma M-1]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2005, no. 5, pp. 58-63.
16. **Romanko Yu.S., Popuchiev V.V., Molochkov V.A., Sukhova T.V., Taranets T.A., Yuzhakov V.V., Safinova L.Sh.** Zavisimost' protivopukholevoy effektivnosti fotodinamicheskoy terapii sarkomy M-1 s ispol'zovaniem fotoditazina (khlora E6) ot plotnosti svetovoy energii [Relationship of the antitumor efficiency of photodynamic therapy for sarcoma M-1 with Photoditazin (chlorine E₆) to the density of light energy]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2007, no. 6, pp. 55-59.
17. **Kaplan M.A., Ponomarev G.V., Baum R.F., Romanko Yu.S., Mardynskaya V.P., Malygina A.I.** Izuchenie spetsificheskoy fotodinamicheskoy aktivnosti fotoditazina pri fotodinamicheskoy terapii sarkomy M-1 u krysov [Study of specific activity of photodynamic therapy in photodynamic Photoditazin sarcoma M-1 in rats]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal – Russian Journal of Biotherapeutic*, 2003, vol. 2, no. 4, pp. 23-30.
18. **Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Mardynskaya V.P., Malygina A.I., Burmistrova N.V., Yaroslavtseva-Isaeva E.V., Spichenkova I.V.** Razrabotka metoda fotodinamicheskoy terapii s Fotoditazinom u eksperimental'nykh zhivotnykh s sarkomoy M-1 [Development of methods for photodynamic therapy in experimental animals Photoditazin With sarcoma M-1]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal – Russian Journal of Biotherapeutic*, 2004, vol. 3, no. 2, pp. 52.

19. **Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V., Yuzhakov V.V., Bandurko L.N.** Morfofunktsional'nye osobennosti sarkomy M-1 pri fotodinamicheskoy terapii s ispol'zovaniem fotosensibilizatora fotoditazin [Morphological and functional features sarcoma M-1 in photodynamic therapy using a photosensitizer Photoditazin]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal – Russian Journal of Biotherapeutic*, 2004, vol. 3, no. 2, pp. 52.
20. **Romanko Yu.S., Kaplan M.A., Popuchiev V.V.** Mekhanizmy deystviya fotodinamicheskoy terapii s fotoditazinom na sarkomu M-1 [Mechanisms of action of photodynamic therapy with Photoditazin at sarcoma M-1]. *Lazernaya meditsina – Laser Medicine*, 2004, vol. 8, no. 3, pp. 232.
21. **Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V., Yuzhakov V.V., Bandurko L.N., Fomina N.K., Mikhina L.N., Malygina A.I., Ingel' I.E.** Deystvie fotodinamicheskoy terapii na rost i funktsional'nuyu morfologiyu sarkomy M-1 [Action photodynamic therapy on the growth and functional morphology of sarcoma M-1]. *Lazernaya meditsina – Laser Medicine*, 2005, vol. 9, no. 4, pp. 41-47.
22. **Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V., Yuzhakov V.V., Bandurko L.N., Mikhina L.N., Fomina N.K., Malygina A.I., Ingel' I.E.** Vliyanie plotnosti svetovoy energii na protivopukhlevuyu effektivnost' fotodinamicheskoy terapii s fotoditazinom [Influence of the density of light energy on the antitumor efficiency of photodynamic therapy Photoditazin]. *Lazernaya meditsina – Laser Medicine*, 2005, vol. 9, no. 2, pp. 46-54.
23. **Romanko Yu.S., Tsyb A.F., Kaplan M.A., Popuchiev V.V.** Vliyanie fotodinamicheskoy terapii s Fotoditazinom na morfofunktsional'nye kharakteristiki sarkomy M-1 [Effect of photodynamic therapy with photodithazine on morphofunctional parameters of M-1 sarcoma]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny – Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2004, vol. 138, no. 12, pp. 658-664.
24. **Romanko Yu.S.** *Fotodinamicheskaya terapiya bazal'no-kletochnogo raka kozhi (eksperimental'no-klinicheskoe issledovanie)*. Diss. dokt. med. nauk [Photodynamic therapy basal cell skin cancer (experimentally-clinical research)]. Dr. med. sci. diss.]. Obninsk, 2005.
25. **Romanko Yu.S., Tsyb A.F., Kaplan M.A., Popuchiev V.V.** Zavisimost' protivopukhlevoy effektivnosti fotodinamicheskoy terapii ot plotnosti svetovoy energii [Relationship between antitumor efficiency of photodynamic therapy with photoditazine and photoenergy density]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny – Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2005, vol. 139, no. 4, pp. 460-464.
26. **Tsyb A.F., Kaplan M.A., Molochkov V.A., Mironov A.F., Romanko Yu.S., Kapinus V.N., Tret'yakova E.I., Sukhova T.E.** O primeneniі fotodinamicheskoy terapii v lechenii solitarnykh i mnozhestvennykh bazaliom [On the use of photodynamic therapy in the treatment of solitary and multiple basal]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2000, no. 4, pp. 4-12.
27. **Yaroslavtseva-Isaeva E.V., Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Sokol N.I.** Razrabotka metodiki fotodinamicheskoy terapii eksperimental'noy opukholi (sarkoma M-1) pri lokal'nom vvedeniі fotosensibilizatora [Method of photodynamic therapy of experimental tumor (sarcoma-M1) with local administration of photosensitizer]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal – Russian Journal of Biotherapeutic*, 2003, vol. 2, no. 4, pp. 19-22.
28. **Sukhova T.E., Romanko Yu.S., Matveeva O.V.** Fotodinamicheskaya terapiya bazal'no-kletochnogo raka kozhi s lokal'nym primeneniem radakhlorina [Photodynamic therapy for basal-cell carcinoma with the local application of radachlorine]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2008, no. 4, pp. 41-44.
29. **Sukhova T.E., Romanko Yu.S., Yaroslavtseva-Isaeva E.V., Korenev S.V., Prokof'ev A.A.** Vnutritkanevoy variant vvedeniya fotosensibilizatora pri fotodinamicheskoy terapii bazal'no-kletochnogo raka kozhi (soobshchenie 1) [Interstitial options for introducing of a photosensitizer in photodynamic therapy of basal cell skin cancer (report 1)]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2010, no. 2, pp. 4-10.
30. **Taranets T.A., Sukhova T.E., Romanko Yu.S.** Fotodinamicheskaya terapiya bazal'no-kletochnogo raka kozhi s lokal'nym i vnutrivennym ispol'zovaniem fotosensibilizatora khlorinovogo ryada «Foton» [Photody-

- namic therapy basal cell skin cancer with local and intravenous use chlorine series «Photolon». *Al'manah klinicheskoy mediciny – Digest of clinical medicine*, 2007, no. 15, pp. 283-288.
31. **Sukhova T.E., Romanko Yu.S., Molochkov A.V., Tret'yakova E.I.** K topicheskoy fotodinamicheskoy terapii bazal'no-kletochnogo raka kozhi [For topical photodynamic therapy of basal cell skin cancer]. *Sbornik nauchnykh trudov «Aktual'nye voprosy dermatovenerologii i dermatoonkologii»* [Proc. «Topical issues of Dermatology and Venereology and Dermatooncology»], Moscow, 2011, pp. 60-65.
 32. **Kaplan M.A., Kapinus V.N., Popuchiev V.V., Romanko Yu.S., Yaroslavtseva-Isaeva E.V., Spichenkova I.S., Shubina A.M., Borgul' O.V., Goranskaya E.V.** Fotodinamicheskaya terapiya: rezul'taty i perspektivy [Photodynamic therapy: results and prospects]. *Radiatsiya i risk – Radiation and Risk*, 2013, vol. 22, no. 3, pp. 115-123.
 33. **Kapinus V.K., Romanko Yu.S., Kaplan M.A., Ponomarev G.V., Sokol N.I.** Effektivnost' flyuorestsentnoy diagnostiki i fotodinamicheskoy terapii s fotosensibilizatorom fotoditazin u bol'nykh rakom kozhi [The effectiveness of fluorescence diagnosis and photodynamic therapy photosensitizer photodithazine in patients with skin cancer]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal – Russian Journal of Biotherapeutic*, 2005, vol. 4, no. 3, pp. 69-75.
 34. **Kaplan M.A., Kapinus V.N., Romanko Yu.S., Yaroslavtseva-Isaeva E.V.** Fotoditazin – effektivnyy fotosensibilizator dlya fotodinamicheskoy terapii [Fotoditazin – effective photosensitizer for photodynamic therapy]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal zhurnal – Russian Journal of Biotherapeutic*, 2004, vol. 3, no. 2, pp. 50.
 35. **Romanko Yu.S., Korenev S.V., Popuchiev V.V., Vaysbeyn I.Z., Sukhova T.E.** *Osnovy fotodinamicheskoy terapii* [Basics of photodynamic therapy]. Kaliningrad, 2010. 136 p.
 36. **Volgin V.N., Stranadko E.F., Trishkina O.V., Kabanova M.A., Kagoyants R.V.** Sravnitel'naya kharakteristika razlichnykh vidov lecheniya bazal'no-kletochnogo raka kozhi [Comparative characteristics of therapies for cutaneous basal-cell carcinoma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2013, no. 5, pp. 4-10.
 37. **Katsalap S.N., Romanko Yu.S.** Vybora varianta fotodinamicheskoy terapii retsidivnoy bazaliomy [The choice of photodynamic therapy against recurrent basal cell carcinoma]. *Vestnik esteticheskoy meditsiny – Vestnik of Aesthetic Medicine*, 2012, vol. 11, no. 1, pp. 44-48.
 38. **Kazantseva K.V., Molochkov A.V., Molochkov V.A., Sukhova T.E., Prokof'ev A.A., Kaprin A.D., Galkin V.N., Ivanov S.A., Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V.** Sarkoma Kaposi: patogenez, klinika, diagnostika i sovremennye printsipy lecheniya [Kaposi's sarcoma: pathogenesis, clinical features, diagnosis and modern principles of treatment]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2015, vol. 18, no. 1, pp. 7-15.
 39. **Molochkov V.A., Molochkov A.V., Sukhova T.E., Khlebnikova A.N., Kuntsevich Zh.S., Romanko Yu.S., Dibirova S.D., Bochkareva E.V.** Mestnaya fotodinamicheskaya terapiya keratoakantomu [Local photodynamic therapy for keratoacanthoma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2012, no. 4, pp. 21-24.
 40. **Sukhova T.E., Molochkov V.A., Romanko Yu.S., Changlyan K.A., Tret'yakova E.I.** Fotodinamicheskaya terapiya aktinicheskogo keratoza s aplikatsionnym primeneniem «Fotoditazina» [Photodynamic therapy of actinic keratoses with applicator using «Photodithazine»]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2010, no. 5, pp. 4-8.
 41. **Kaplan M.A., Romanko Yu.S., Popuchiev V.V.** *Atlas fotodinamicheskoy terapii* [Atlas photodynamic therapy]. Moscow, Littera, 2015. 320 p.
 42. **Molochkov A.V., Romanko Yu.S., Kazantseva K.V., Sukhova T.E., Popuchiev V.V., Tret'yakova E.I., Matveeva O.V., Kuntsevich Zh.S., Molochkova Yu.V., Prokof'ev A.A., Dibirova S.D.** Lazeroindutsirovannaya termoterapiya i fotodinamicheskaya terapiya v dermatologii: vozmozhnosti i perspektivy [Laser-induced thermotherapy and photodynamic therapy in dermatology: opportunities and future horizons]. *Al'manah klinicheskoy mediciny – Digest of Clinical Medicine*, 2014, no. 34, pp. 30-35.

43. **Romanko Yu.S., Molochkov V.A., Sukhova T.E., Popuchiev V.V., Molochkov A.V., Tret'yakova E.I., Korenev S.V., Belyy Yu.A., Akopova K.V.** Deystvie lazerindutsirovannoy termoterapii na kinetiku rosta i morfologiyu sarkomy M-1 [Effects of laser-induced thermotherapy on M-1 sarcoma growth kinetics and morphology]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2012, no. 3, pp. 58-60.
44. **Molochkov V.A., Molochkov A.V., Romanko Yu.S., Belyy Yu.A., Akopova K.V., Tret'yakova E.I., Sukhova T.E., Popuchiev V.V.** Lazeroindutsirovannaya termoterapiya bazaliomy [Laser-induced thermotherapy of basal cell carcinoma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2012, no. 2, pp. 6-10.
45. **Molochkov V.A., Molochkov A.V., Romanko Yu.S., Akopova K.V., Tret'yakova E.I., Sukhova T.E.** Lazeroindutsirovannaya termoterapiya (LITT) – novyy metod lecheniya bazaliomy [Laser-induced thermotherapy (LITT) – new method of treatment basal cell carcinoma]. *Sbornik nauchnykh trudov «Aktual'nye voprosy dermatovenerologii i dermatoonkologii»* [Proc. «Topical issues of Dermatology and Venereology and Dermatooncology»], Moscow, 2011, pp. 68-72.
46. **Molochkov A.V., Romanko Yu.S., Belyy Yu.A., Akopova K.V., Tret'yakova E.I., Sukhova T.E., Popuchiev V.V.** Lazeroindutsirovannaya termoterapiya pri lechenii bazaliomy [Laser-induced thermotherapy for basal-cell carcinoma]. *Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya – Clinical Dermatology and Venereology*, 2012, vol. 10, no. 4, pp. 43-47.
47. **Molochkov A.V., Sukhova T.E., Tret'yakova E.I., Akopova K.V., Koroleva L.P., Prokof'ev A.A., Rumyantsev S.A., Alieva P.M., Romanko Yu.S., Molochkov V.A.** Sravnitel'nye rezul'taty effektivnosti lazeroindutsirovannoy termoterapii i fotodinamicheskoy terapii poverkhnostnoy i mikronodulyarnoy bazaliom [Comparative evaluation of the efficiency of laser-induced and photodynamic therapy for surface and micronodular basaloma]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney – Russian Journal of Skin and Sexually Transmitted Diseases*, 2012, no. 4, pp. 30-36.
48. **Molochkov V.A., Molochkov A.V., Romanko Yu.S., Sukhova T.E., Tret'yakova E.I., Akopova K.V.** *Primenenie lazeroindutsirovannoy termoterapii (LITT) v lechenii bazaliomy* [The use of laser-induced thermotherapy (LITT) in the treatment of basal cell carcinoma]. Moscow, BINOM, 2014. 28 p.
49. **Gel'fond M.L., Barchuk A.S.** *Lazernaya selektivnaya gipertermiya v lechenii zlokachestvennykh novoobrazovaniy. Metodicheskie rekomendatsii* [Selective laser hyperthermia in the treatment of malignancies. Methodical recommendations]. SPb., 2002. 13 p.
50. **Bykov D.V., Kazakov A.A., Kazachkina N.I., Svirin V.N., Sokolov V.V., Cherkasov A.S., Chernenko V.P., Chissov V.I., Jakubovskaja R.I.** *Sposob lecheniya zlokachestvennykh opukholey* [A method for treating malignant tumors]. Patent RF, no. 2196623, 2003.