

УДК 616

ЛАЗЕРНЫЙ СВЕТ – МОЖНО ЛИ ИМ НАВРЕДИТЬ? (обзор литературы)

© 2016 С.В. Москвин¹, А.А. Хадарцев²

¹ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины ФМБА России»

²Медицинский институт, Тульский государственный университет

Широко известно, что лазерная терапия – высокоэффективный физиотерапевтический метод лечения больных с различными заболеваниями. Однако среди пациентов и некоторой части медперсонала распространяются ничем не обоснованные мифы о какой-то особой «вредности» лазерного света. Обзор литературы, анализ научных данных и многолетнего практического опыта, наглядно и вполне убедительно демонстрирует, что низкоинтенсивный (низкоэнергетический) лазерный свет, используемый в современной физиотерапии абсолютно безопасен. Он не обладает тератогенным, мутагенным и канцерогенным свойствами, а наоборот, обеспечивает защиту живого организма от самых различных патогенных факторов химической или физической природы.

Ключевые слова: низкоинтенсивное лазерное излучение, протекторные свойства, тератогенное, мутагенное и канцерогенное действие.

Введение. Лазерная терапия (ЛТ) давно и прочно вошла в практику современной российской медицины. Относительно недавно (с начала 2000-х годов) в Западной Европе и США, где ранее категорически отрицали саму возможность влияния *низкоинтенсивного (низкоэнергетического) лазерного излучения* (НИЛИ) на биологические объекты, начался настоящий бум в проведении научных исследований и активном внедрении этой лечебной процедуры в практическое здравоохранение. Причиной теперь уже почти всеобщего её признания являются очевидные преимущества – метод простой, недорогой, *абсолютно безопасный*, комфортен для пациента, практически не имеет противопоказаний. Но, самое главное – это исключительная эффективность современных технологий, разработанных российскими учёными и клиницистами на основе глубокого знания и понимания механизмов биологического (терапевтического) действия НИЛИ [56, 57].

В основе лазерной терапии лежат известные лечебные свойства НИЛИ. Рядом авторов также используется термин *лазерный свет* (ЛС), что вполне допустимо в рамках его терапевтического применения, особенно в офтальмологии [61].

Однако среди пациентов и некоторой части медперсонала распространяются ничем не обоснованные мифы о «вредности» лазерного света: он *якобы* оказывает тератогенное, мутагенное и канцерогенное действие. Эти необоснованные страхи обусловлены рядом субъективных и объективных причин.

В первую очередь, крайне негативное психологическое давление, особенно на внушаемых пациентов, оказывает использование неправильной терминологии. Действительно, если «облучать» в «дозе» и при этом что-то «стимулировать», как привыкли говорить многие, то у любого нормального человека возникнет сомнение в безопасности метода. Люди боятся облучения, и это надо учитывать, – слово лечит, но может и навредить. Наиболее наглядно подобное проявляется в неврологических отделениях у больных с хронической ишемией головного мозга, которым первый сеанс ЛТ предпочтительнее проводить выключенным аппаратом (плацебо), поскольку известно, что в среднем у 15 % этих пациентов даже после иллю-

зии процедуры наблюдаются негативные проявления в виде головокружения, возникновения слабости, снижения артериального давления и др. По оценке специалистов, этот эффект вызван исключительно ассоциативным рядом – «лазер-облучение-опасность» [55, 56]. Другой пример, недавно в одной статье, которую опубликовал известный профильный научный журнал, редакция самовольно исправила термин «освечивать», используемый авторами, на «облучать», мотивируя тем, что так «привыкли говорить». Вряд ли это целесообразно, тем более, что *термин «освечивать» используется в официальных нормативных документах, одобренных российским профессиональным сообществом* [46].

Возникновение специфической фобии в отношении лазерного света, безусловно, также связано и с элементарным невежеством. На курсах повышения квалификации специалистам, к сожалению, далеко не всегда правильно и полно предоставляется необходимая информация о показаниях и противопоказаниях к проведению ЛТ, хотя бы по той же терминологии, а среди пациентов не проводится разъяснительная работа с изложением фактов, доказывающих безопасность метода. В настоящем обзоре делается попытка анализа некоторых данных научных исследований последних лет, а также критического рассмотрения ряда «негативных» публикаций по теме.

Объективная причина появления мифов о вреде ЛС только одна – недобросовестная конкуренция. Проблема именно в высокой эффективности и безопасности *лечения*. Лазерная терапия при *правильном* её применении позволяет именно *лечить* больного, которому после физиотерапевтического курса, зачастую уже не нужен ежедневный приём лекарственных средств. Это очень не нравится некоторым заинтересованным сторонам, и как результат – активное и регулярное проведение антирекламных кампаний, в частности, «доказывающих» наличие «вреда» от лазерного света. Чего только стоит очень дорогостоящая акция с несколькими публикациями в АИФ под общим девизом «Лазер губит кровь»! В нескольких весьма объёмных статьях писали о том, что лазер, кроме света, якобы генерирует ещё и ранее неизвестное науке «психквантовое излучение», а в человеческой крови под его воздействием происходит «перерождение эритроцитов», в результате чего наступает «разрушение иммунной системы в целом», просто «СПИД в новой упаковке» (Еженедельник «Аргументы и Факты» № 29 от 18.07.2001, № 42 от 17.10.2001; «АиФ. Здоровье» № 35 от 30.08.2001, термины и определения процитированы). Ссылок на научные работы не было, как и самих исследований, ни одной публикации в научных рецензируемых журналах также не существует, только краткое сообщение на одной конференции и небольшая статья в некоем «информационном листке». Мы посетили в своё время институт, в котором совершили это «открытие XXI века», встретились с его автором и попросили продемонстрировать нам, специалистам, результаты своих экспериментов. Поскольку показывать было нечего, «учёный» быстро признался, что за эту фальшивку ему хорошо заплатили: «Жизнь тяжёлая, заплатите вы, напишу, что скажете». Кто финансировал эти «исследования», не сказал, но тут всё ясно, достаточно ответить на вопрос, кому это выгодно, и кто может себе позволить раскрутку подобной агрессивной кампании в центральной прессе.

Особенности использования лазерного света.

1. От обычного, некогерентного светового потока, например, исходящего из светоизлучающего диода (СИД), фонарика, лампочки или солнца, лазерный свет отличается шириной спектра или степенью временной когерентности. Лазер генерирует фотоны только с одной энергией или с одной длиной волны, – это и есть его основная отличительная особенность – *монохроматичность*, этот свет когерентный. Широкополосные, некогерентные источники (СИД, лампочка и пр.) испускают фотоны с разной энергией, их свет *полихроматичен*, что

известно из школьных опытов с призмой или из такого природного явления, как радуга. Других принципиальных отличий нет. Свет, в том числе лазерный, – это *электромагнитное излучение* (ЭМИ) оптического диапазона, а не радиация, как полагают некоторые. В лазерной терапии чаще всего используют несколько спектральных диапазонов: ближний *ультрафиолетовый* (УФ) – 365 и 405 нм, *зелёный* – 525 нм, *красный* – 635 нм, и *инфракрасный* (ИК) – 890 и 904 нм. Разумеется, мощный лазерный УФ-свет (205 нм) может повредить ДНК клетки [115], но «заслуга» в этом не когерентности, а именно длины волны (спектра). В связи с этим очень хотелось бы не допускать в научной литературе сравнений несравнимого, как это иногда бывает, например, «лазерных» и «ультрафиолетовых» источников света.

2. Клинические рекомендации, утверждённые недавно в России [46], и даже *World Association of Laser Therapy (WALT)* [95] настоятельно требуют обязательно задавать все параметры освечивания лазерным светом при проведении исследования или в методике ЛТ: длина волны, режим работы – (непрерывный, модулированный или импульсный), средняя или импульсная мощность, частота для импульсных лазеров, экспозиция на одну зону. Важна также площадь освечивания или методика – контактно-зеркальная, *внутривенное лазерное освечение крови* (ВЛОК), акупунктурная и др., локализация лазерного воздействия (зоны), количество процедур на курс и их периодичность. Это *принципиально важный момент*, соответствующий положению «не навреди», поскольку, ошибочно задав всего один из перечисленных параметров, можно получить эффект прямо противоположный ожидаемому.

3. Надо учитывать также одно важное обстоятельство, что лазерный свет может не только стимулировать, но и подавлять биологические (физиологические и биохимические) процессы. Направленность ответной реакции организма напрямую связана с вышеприведенными параметрами освечивания, и, при задании требуемых в каждом конкретном случае *оптимальных режимов*, ЛС *нормализует нарушения*, которые в той или иной степени имеют место в биологической системе, будь то одна клетка, культура клеток, ткань, орган, организм животного или человека. В настоящее время для обозначения таких процессов используется термин «лазерная биомодуляция» [56, 57]. Если *не обеспечить* требуемые и обоснованные в ходе исследований параметры методики, то воздействие ЛС может усугубить ситуацию и даже привести к развитию патологических процессов.

4. Что же такое «низкоинтенсивные» лазеры, которые используются для биомодуляции и физиотерапии? Необходимо понимать, что для классификации важна не только мощность (интенсивность), которая у таких лазеров составляет от 1 до 200 мВт в непрерывном режиме (зависит от методики и длины волны), от 5 до 100 Вт в импульсном режиме (для одного лазера, при длительности импульса 100 нс и частотах от 80 до 10000 Гц), но и время воздействия на одну зону (экспозиции), которое не должно превышать 5 мин. (за исключением ВЛОК). Перемножая мощность на экспозицию, мы получим энергию, которая измеряется в Вт·с или в джоулях (Дж), поэтому более правильно говорить о *низкоэнергетическом ЛС*, соответственно, о таких же лазерах и аппаратах.

ЛС абсолютно безопасен, так же как абсолютно безвредна (и очень полезна) – ЛТ, но это утверждение верно только при обязательном условии разумного применения метода. Если же не соблюдать известные и очень простые правила, то НИЛИ может и навредить, что, впрочем, вовсе не означает, будто бы его надо ассоциировать с потенциальной угрозой. В противном случае к опасным веществам нужно тогда отнести и воду, жизненно необходимую человеку, только на том основании, что можно ею захлебнуться. Повторяем, речь идёт именно о низкоэнергетическом ЛС, в то время, как очень мощные (хирургические) лазеры

вызывают ожоги, если неправильно ими пользоваться. И если говорить о человеке, то в некоторых случаях навредить может само слово «лазер», даже при отсутствии излучения (фобия), но далее мы будем говорить исключительно о фактах объективного влияния ЛС на биологические системы.

Рассмотрим последовательно несколько направлений и постараемся ответить на важные вопросы, может ли НИЛИ вызвать тератогенные, мутагенные и канцерогенные эффекты? Приведём такие примеры исследований, в которых убедительно доказано, что низкоэнергетический лазерный свет не только безопасен, но обладает ярко выраженными протекторными (защитными) свойствами в отношении самых различных патогенных факторов (радиация, токсины, УФ-свет).

НИЛИ не тератогенно. Тератогенность – способность физических, химических или биологических факторов вызывать нарушения процесса эмбриогенеза, приводящие к возникновению врождённых уродств (аномалий развития) у людей или животных. С этим понятием тесно связана и мутация, как *стойкое преобразование генотипа, происходящее под влиянием внешней или внутренней среды, которое может быть унаследовано потомками данной клетки или организма.*

НИЛИ нет ни в одном списке тератогенных факторов, и невозможно установить механизм потенциально негативного воздействия [4, 12]. Ответ на вопрос о вероятности негативного влияния НИЛИ на зародыш и развитии аномалий в эмбриогенезе, исходя из имеющихся научных данных о механизмах биологического действия ЛС на клеточном уровне – отрицательный. Пока никто ещё не привёл обоснования, пусть даже теоретического и гипотетического, в виде фактических аргументов, что ЛС приводит к потере ДНК информации и, как следствие, к негативному результату. В отношении ряда известных физических, химических и биологических, действительно, тератогенных факторов – это достоверно установлено.

Например, ионизирующая радиация вызывает мутации соматических клеток плода на ранних стадиях его формирования через модификацию последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Изменение наследственного кода сопровождается синтезом дефектных белков (ферментов, структурных протеинов), что в свою очередь приводит к функциональным нарушениям, часто не совместимым с жизнью. Объяснение повреждающего механизма заложено в самом названии тератогенного физического фактора: это радиация (не свет!), и она ионизирующая, т. е. её энергии, соответствующей частоте (измеряется в эВ, не путать с энергией, связанной с мощностью излучения!), достаточно, чтобы после поглощения выбить электроны из молекулы, изменив её свойства (химическую формулу). Как ионизирующее излучение, так и патогенные химические вещества могут приводить к повреждению хромосом – их разрыву или слиянию (нерасхождению в процессе митоза). Вполне очевиден факт, что ЛС не является ионизирующим, следовательно, никак не может вызвать нарушения в структуре ДНК и механизмах митоза.

Многие химические вещества способны нарушать синтез белка, блокируя процессы репликации (синтез ДНК), транскрипции (синтез РНК) и трансляции (собственно синтез белка). К числу таких веществ относятся многие цитостатики и некоторые антибиотики. По большей части, действие этих веществ приводит непосредственно к гибели плода, уродства отмечаются значительно реже. Аналогичный механизм имеет место как результат инфекционного заражения, например, некоторыми видами вирусов. Но в отношении НИЛИ абсолютно достоверно известно, что оно лишь усиливает синтез как РНК, так и ДНК, не меняя при этом видовой изменчивости [39, 106, 107].

Нарушение проницаемости мембран клеток эмбриона может сопровождаться их гибелью и нарушением эмбриогенеза глаз, мозга, конечностей. Предположительно, в основе тератогенного действия таких веществ, как диметилсульфоксид и витамин А, лежит именно этот механизм. Если говорить о НИЛИ, то абсолютно достоверно известно, что оно нормализует проницаемость мембран, более того, улучшает адгезию клеток и ускоряет трансмембранный ионный транспорт [105, 110], а также увеличивает содержание цАМФ в клетке [40, 111].

Нарушение энергетического обмена может привести к тератогенезу или гибели плода. Причинами состояния могут стать блокада гликолиза, повреждение цикла трикарбоновых кислот (йод- и фторацетат, 6-аминоникотинамид), блок электрон-транспортной системы и разобщение процессов окисления и фосфорилирования (цианиды, динитрофенол). Но это не про лазерный свет, который, как известно, способствует значительному усилению энергетического обмена в клетках и синтезу белков в клетках [101, 102, 108, 109].

Что совсем уж невероятно, так это заподозрить ЛС в системном негативном воздействии, которое оказывают некоторые вещества, блокируя поступление необходимых элементов в организм матери и плода. В отношении же НИЛИ можно говорить только о чрезвычайно полезном воздействии, оказывающем исключительно защитное действие на организм будущей матери и плода, поэтому ЛТ очень активно используется в акушерстве с профилактическими целями [14, 20, 36–38, 73].

ЛТ входит в стандарт оказания медицинской помощи в акушерстве и гинекологии [66], более того, палата (пост) интенсивной терапии и реанимации для беременных и родильниц должны быть оснащены лазерным терапевтическим аппаратом [67]. Весьма сомнительно, чтобы официально разрешенный и много лет эффективно применяемый метод лечения мог бы оказывать даже самое минимальное неблагоприятное воздействие на клеточном и ином уровне.

Однако не будем игнорировать, пусть и единичные, но имеющие место публикации, в которых утверждается, что ЛС якобы может оказывать негативное воздействие на эмбрионы, в частности, птиц. Некоторые исследователи указывают на то, что в мезонефросе цыплят на 7–15 день инкубации в результате освечивания НИЛИ (633 нм, 5 мВт) происходят изменения, аналогичные наблюдаемым при хроническом интерстициальном нефрите [91], гистологические и гистохимические изменения в тканях языка, желудка, яичниках и почках, в эндо- и мезодерме, характерные для тератогенного действия [119], гиперплазия базальных клеток эпителия щёчной слюнной железы, сопровождаемая эритроцитарной инфильтрацией [120]. Однако, во-первых, следует обратить внимание на то обстоятельство, что освечивание проводилось через вскрытое в скорлупе окно, и такая методика сама по себе могла спровоцировать появление различных дефектов. Во-вторых, даты этих публикаций совпадают с периодом наиболее активной «антилазерной» кампании разных заинтересованных сторон. Результаты, вероятнее всего, подтасованы, поскольку *тысячи* (буквально) других исследований по воздействию НИЛИ на яйца разных птиц (куры, гуси, перепела, индюшки) не выявили никаких негативных последствий, только положительные результаты [6, 9, 21, 27, 34, 41, 42, 53, 64, 72, 81, 89].

Впрочем, попытки осознанной дискредитации методики лазерного освечивания продолжаются. Например, в работе [54] якобы показано снижение выводимости яиц гусей и кур после лазерного освечивания. Кроме того, что эти данные противоречат результатам тысяч аналогичных исследований, авторы ссылаются на проф. А.В. Будаговского, который утверждает, что полученные ими результаты были прямо противоположными, и исключительно по-

ложительными. Его слова подтверждаются также предыдущей публикацией этих авторов [69]. Так почему же они «вдруг» изменили своё мнение?

Есть множество исследований, выполненных на аналогичных моделях разными авторами из десятков стран мира, и тысячи публикаций, в которых говорится об исключительной пользе лазерного освечивания яиц в птицеводстве с рекомендацией применения этой технологии в промышленных масштабах. Отсутствие каких-либо негативных последствий в результате освечивания НИЛИ животных, в том числе яиц различных птиц, косвенно подтверждает и факт достаточно активного внедрения лазерных технологий в российское промышленное животноводство, даже издан учебник для студентов профильных институтов [17–19].

Приведём в качестве примера одно из последних исследований, в котором показано, что освечивание инкубационных яиц перед закладкой для инкубации, зародышей на 6, 12 и 18 дни развития лазерным терапевтическим аппаратом «Матрикс» (длина волны 635 нм, непрерывный режим, плотностью мощности на поверхности яиц 20 мВт/см², экспозиция 3 мин.) не вызывает негативного побочного действия, зато значительно улучшает биохимические показатели крови эмбрионального периода онтогенеза птицы [2]:

- повышается содержание в крови общего кальция на 0,21 ммоль/л в 6-дневном возрасте эмбрионов, на 0,55 ммоль/л в 12-дневном возрасте, на 0,84 ммоль/л в 18-дневном возрасте и на 1,15 ммоль/л к концу эмбрионального периода онтогенеза, то есть с возрастом и кратностью обработки эмбрионов различия содержания общего кальция между контрольной и опытной группой становятся более контрастными;

- разница содержания в сыворотке крови подопытных групп неорганического фосфора после лазерного освечивания у суточных эмбрионов по сравнению с контролем больше – на 0,27 ммоль/л, в 12-дневном возрасте на 0,36 ммоль/л;

- освечивание яиц НИЛИ существенно повлияло с 6 по 12 день развития на содержание щёлочного резерва, составившего 3,30 об % CO₂;

- показатели содержания в сыворотке крови каротина в подопытных группах до 6-го дня инкубирования яиц практически была равной – 2,94–3,14 мкмоль/л, с возрастом эмбрионов и кратностью лазерного освечивания контрастность различий показателя контроля и опытных групп возросла и составила в 12-дневном возрасте 0,67–0,45 мкмоль/л, в 8-дневном 1,19–0,63 мкмоль/л и в конце эмбрионального периода развития – 0,53–0,44 мкмоль/л с более активной фазой синтеза каротина с 12 до 18 дня развития зародышей.

При этом освечивание яиц газоразрядной лампой ДНЕСГ-500, т. е. некогерентным источником света с близкой длиной волны (максимум спектра 640,3 нм в диапазоне 630–650 нм) и аналогичными энергетическими параметрами, либо вызывает значительно меньший эффект, либо он отсутствует вовсе [2].

Из вышесказанного можно сделать уверенный вывод об отсутствии у НИЛИ даже намёка на тератогенные свойства.

НИЛИ не вызывает мутаций. В связи с существенными различиями как в материалах и методах, так и сделанных выводах, нам представляется необходимым разделить обсуждение результатов соответствующих исследований, проводимых с растениями и животными.

Давно и хорошо известный факт, что предпосевная «обработка», т. е. освечивание ЛС семян сельскохозяйственных культур, повышает всхожесть, урожайность и устойчивость растений к неблагоприятным погодным условиям, улучшает качественный состав получаемого продукта. Эта особенность ЛС активно используется в селекции растений достаточно длительное время [1, 8, 11, 45, 59, 60, 80, 85, 118]. Самое важное, что отклик на лазерное воз-

действие не имеет равновероятностного характера, свойства освещенных семян и выращенных из них растений *всегда улучшаются*. Причины этого явления, а также механизмы, обуславливающие исключительно положительную направленность лазерного воздействия, остаются пока загадкой.

Спецификой биорегуляторного действия НИЛИ является то, что оно вызывает бóльшую экспрессивность генов, чем естественные факторы внешней среды, и в результате возникают модификации, выходящие за границы нормы реакции контрольной группы семян [22, 29, 30, 86]. Выяснился и другой факт: благоприятные свойства «лазер-стимулированных» семян наследуются, положительные качества сохраняются, как минимум, в третьем поколении [15, 118].

Но было бы совершенно неправильно делать скоропалительный вывод, что это один из вариантов «генной инженерии», позволяющий создавать «ГМО», хотя многие специалисты, занимающиеся селекцией растений, называют полученные ими результаты не иначе, как «лазерный мутагенез». Совершенно неверно и недопустимо использовать эту терминологию и делать подобные заключения, поскольку никто пока не показал наличие изменений в геноме растений. Для большинства специалистов достаточно очевидно, что ЛС в видимой области спектра не является мутагенным фактором и его применение не связано с генетической модификацией растений как таковой, а единственно вероятным является эпигенетический механизм длительного запоминания «стимуляционного» эффекта. Явление, принимаемое за «лазерный мутагенез», обусловлено другими процессами, хотя и приводящими к тем же результатам [10]. Рассмотрим их подробнее.

Напоминаем, что эпигенетические изменения в проявлении генов не обусловлены изменением генетической информации (мутациями), а происходят в результате модификации уровня экспрессии генов, то есть их транскрипции и/или трансляции. Наиболее изученным видом эпигенетической регуляции является метилирование ДНК с помощью белков ДНК-метилтрансфераз, что приводит к временной, зависящей от условий жизни организма инактивации метилированного гена. Однако, поскольку первичная структура молекулы ДНК при этом не изменяется, это исключение нельзя считать истинным примером передачи информации от белка к ДНК. Метилирование осуществляется ферментативно в первые минуты после репликации ДНК, т. е. пострепликативно [93]. Оно, хотя и является стабильной и наследуемой модификацией, в принципе обратимо под воздействием деметилирующих агентов или ферментов и тем самым принципиально отличается от мутаций ДНК. По-видимому, это появившийся в процессе эволюции способ ограничения нежелательной активности «лишних» генов у позвоночных – функциональная переориентация системы метилирования. Если у беспозвоночных всё сводится к подавлению активности потенциально опасных последовательностей ДНК (таких как вирусы и транспозоны), то у позвоночных её назначение – ещё и стабильная репрессия эндогенных генов (гены инактивированной хромосомы X, импринтированные гены, часть тканеспецифичных генов). Профиль метилирования, сильно влияющий на функциональное состояние гена, стабильно передаётся в ряду клеточных поколений. С этой точки зрения, для организмов с большой продолжительностью жизни и интенсивной тканевой регенерацией (позвоночные, растения) надёжная система эпигенетической наследственности (типа метилирования ДНК) жизненно необходима.

Специфичность и функциональное значение энзиматического метилирования ДНК многие годы оставались неизвестными. Более того, очень распространённым ещё совсем недавно было представление о том, что эти «минорные» основания вообще не играют никакой роли

ни в структуре самой ДНК, ни в её функционировании. В качестве «неотразимого» аргумента для таких представлений часто использовался излюбленный объект классической генетики – *Drosophila melanogaster*. Это давало многим, в том числе и Нобелевскому лауреату У. Гилберту, повод утверждать, что поскольку дрозофила живет без метилирования ДНК, то эта модификация генома вообще не имеет существенного значения в жизнедеятельности эукариотических организмов. Но сейчас уже строго доказано, что у дрозофилы ДНК метилирована, и эта модификация генома важна для развития насекомого, а ДНК-метилтрансферазная активность чётко выявляется на ранних стадиях развития животного [97, 123]. Упоминание дрозофил в контексте эпигенетики связано с тем, что данные одной исследовательской группы, полученные в результате освечивания плодовой мухи импульсным ИК НИЛИ [16, 31, 84, 88], многими воспринимались чуть ли не как прямая и явная угроза наследственному аппарату человека в результате ЛТ. Теперь понятно, что это не так.

Нет никакого сомнения в том, что метилирование ДНК и модификации гистонов, а также избирательный сайленсинг генов малыми РНК играют очень важную роль в жизни клетки и организма. По данным биотехнологического бюллетеня Массачусетского технологического института (США), эпигенетика принадлежит к десятку новых технологий, которые в ближайшее десятилетие могут перевернуть весь мир. Без эпигенетических знаний невозможны развитие и совершенствование клеточных технологий (стволовые клетки), надёжная диагностика, предупреждение и лечение разных форм рака, предупреждение преждевременного старения. Эпигенетика лежит в основе эффективных способов борьбы со многими инфекционными (в том числе вирусными) болезнями человека, животных и растений, и несомненно, послужит и делу улучшения качества урожаяев разных сельскохозяйственных культур, продуктивности пород животных [13].

Если говорить о животном мире, то есть данные о генетическом влиянии гелиометеорологических факторов. Например, согласование 27-дневного цикла солнечной активности (период обращения Солнца вокруг своей оси) с численностью рождающихся через 150 дней ягнят и весом молодняка. Если оплодотворение происходит в период повышенной активности Солнца с отклонением в 1–3 дня, то потомства больше, и оно крупнее по весу на 1,2–1,5 кг в среднем на голову, чем при оплодотворении в дни пониженной солнечной активности [52]. Другими словами, эпигенетика работает и в естественных условиях существования всего живого.

На основании вышесказанного можно однозначно утверждать, что низкоинтенсивный (низкоэнергетический) ЛС не вызывает и не может вызывать мутаций.

НИЛИ не вызывает стимулирование раковой опухоли. Теме посвящено множество работ, и для специалистов это очень хорошо известный факт. Ещё в 60-е и 70-е годы прошлого столетия было доказано: ЛС не обладает онкогенным действием, не стимулирует развитие раковых опухолей и метастазирование, а наоборот, подавляет. Были проведены тысячи исследований в десятках стран мира, которые доказали этот факт как в экспериментах на животных [70], так и в клинике [32]. ЛС активно и очень успешно применяется в клинической онкологии. Физиотерапия, в том числе и лазерная, является основой реабилитации онкологических больных [23, 24], лазерное освечивание много лет используется также для профилактики осложнений после основного метода лечения онкологических больных (хирургическое удаление опухоли, радиотерапия, химиотерапия, фотодинамическая терапия) [25, 26, 82, 83]. В ФГУ «Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена» 23.07.2009 в Росздравнадзоре РФ зарегистрирована новая медицинская технология ФС № 2009/200 «Низкоинтенсивная лазерная терапия в реабилитации онкологических больных». Достаточно много методических рекомендаций, разработанных ещё во времена СССР [43,

47, 48]. ЛТ входит в стандарт медицинской реабилитации, в том числе, и при ведении онкологических больных [66, 77], лазерной терапевтической профилактики ранних лучевых реакций уделяется особое, ведущее место в онкогинекологии [78]. Имеется достаточно большой научно-практический опыт, позволяющий уверенно рекомендовать ЛТ для пациентов с онкологическими заболеваниями [32, 49–51, 74, 79, 82, 83, 96], в том числе детям [7, 68, 92]. Перспективным направлением считается сочетание лазерного воздействия с введением наночастиц металлов [75, 103].

С тем, что НИЛИ совершенно безопасно для онкологических больных, не стимулирует рост опухоли, согласны и зарубежные коллеги [112, 113, 116, 121]. В англоязычных журналах только за последние несколько лет опубликованы сотни работ, посвящённых применению ЛТ в онкологической практике: мукозиты и другие осложнения после химио- и радиационной терапии [87, 90, 94, 99; 46, 114, 117, 122], постмастэктомический и болевой синдромы [3, 71, 77], лимфедема [98] и др.

Можно сделать уверенный вывод, что достаточно много аргументов в пользу известного и вполне очевидного факта – НИЛИ не стимулирует раковую опухоль у человека, а ЛТ успешно применяется как в комплексном лечении, так и реабилитации онкологических больных.

Протекторные свойства НИЛИ. Хорошо известны также протекторные (защитные) свойства НИЛИ, позволяющие защитить живой организм от вредного влияния различных патогенных факторов.

Наиболее известно радиопротекторное свойство ЛС. Например, в одном из недавних исследований показано, что освечивание НИЛИ (940 нм) значительно продлевает жизнь мышей, облучённых смертельной дозой γ -радиации [100].

Это свойство ЛС активно используется в онкологической практике. Ранние лучевые реакции могут служить предпосылкой поздних лучевых повреждений, которые бывают более тягостными для пациентов, чем основное онкогинекологическое заболевание (например, ректовагинальные и ректовезикальные свищи, остеорадионекроз, поперечный миелит). ЛТ как метод профилактики ранних лучевых реакций у онкогинекологических больных позволяет минимизировать частоту и тяжесть осложнений со стороны органов малого таза, не влияя отрицательно на результаты базового лечения значительно улучшает качество жизни пациентов [78].

Успешные эксперименты на животных, а также клинические испытания свидетельствуют об эффективности ЛТ последствий радиационного поражения: лазерная энергия с определёнными параметрами является эффективным антимуtagenным фактором; она стимулирует восстановление хромосомных повреждений, вызванных не только ионизирующей радиацией, но и химическими мутагенами. Восстановление иммунитета, функции костного мозга, микроциркуляции в жизненно важных органах повышают работоспособность и качество жизни пострадавших. Радиопротекторные свойства НИЛИ оказались близкими к эффекту известных табельных химических радиопротекторов [58].

При экспериментально вызванной патологии печени химической, лучевой и механической этиологии на фоне чрескожного воздействия на проекцию печени непрерывным красным НИЛИ (633 нм, 1–1,5 Дж/см² за одну процедуру) активизируются процессы регенерации структуры ткани печени и нормализуются цитохимические показатели, уменьшается степень выраженности дистрофических изменений и происходит более быстрое восстановление функции печени, ускоряется процесс заживления механически повреждённого органа [33].

Показано, что курс ЛТ, проводимый потомкам облучённых радиацией родителей (эксперименты на белых крысах), оказывает положительное воздействие на организацию их репродуктивного аппарата. Выявлен радиопротекторный эффект лазерного воздействия на организм животных перед однократным рентгеновским и γ -облучением [63]. Исследования морфологических, физиологических и биохимических параметров сердечно-сосудистой, эндокринной и нервной систем организма в условиях взаимодействия ионизирующего и лазерного освечения позволяет сделать заключение о противоположной направленности их влияния на течение многих процессов, протекающих на разных уровнях организма.

Так, лазерное освечение интенсифицирует, а ионизирующее тормозит:

- восстановление хроматина или репарацию разрывов ДНК;
- биосинтез веществ антиоксидантной системы;
- биосинтез нейромедиаторов;
- образование ферментов репарации, различного типа синтетаз и макроэргических веществ;
- синтез фосфолипидов и формирование клеточных мембран;
- процессы репаративной регенерации;
- пролиферацию клеточных систем;
- микроциркуляцию;
- симпатическую активность вегетативной нервной системы;
- скорость проведения нервных импульсов и внутрисердечную проводимость;
- процесс нейросекреции.

Безусловно, этот перечень легко можно продолжить. Однако обнаружение прямо противоположного действия лазерного освечения и жёсткого ионизирующего облучения, хотя бы по отношению к перечисленным процессам, даёт право предполагать возможность использования лазерного освечения в качестве фактора, тормозящего и останавливающего разворачивание постлучевых эффектов. Световые лучи, генерируемые лазерами, в полной мере оказывают противорадиационный эффект и могут применяться с целью защиты от радиационного поражения или весьма успешной коррекции уже возникших постлучевых изменений в организме [62].

Известно, что в течение 10 лет после Чернобыльской аварии в пострадавших от радиации регионах число больных хроническим аутоиммунным тиреоидитом возросло в 10 раз [35]. В основе этого заболевания лежит дефицит в организме Т-супрессоров, приводящий к мутации запрещённых клонов Т-лимфоцитов, что вызывает локальные клеточные реакции с образованием лимфоцитарной инфильтрации. Дальнейшее высвобождение антигенов вовлекает в процесс В-лимфоциты, образующие антитела. Это способствует последующему разрастанию соединительной ткани и снижению функциональной активности железы. Медикаментозное и хирургическое лечение часто не эффективны. Гистологические исследования щитовидной и вилочковой желез через 2 недели после курса ЛТ (длина волны 890 нм, импульсная мощность 8–10 Вт, частота 80 Гц, экспозиция на проекцию щитовидной железы 30 с, надвенное освечение крови – 2 мин., ежедневно в течение 7 дней) выявили признаки снижения аутоагрессии, морфологическим эквивалентом которой является степень выраженности лимфо-плазмоцитарной инфильтрации. Имела место тенденция к нормализации функциональной активности тиреоидного эпителия щитовидной железы на фоне активации процессов репаративной регенерации. В вилочковой железе на фоне высокого напряжения лимфоцитопоза выявлена активация эпителио-ретикулопоза с одновременным замедлением

инволютивных процессов. Эти и другие исследования легли в основу эффективной методики ЛТ больных с аутоиммунным тиреоидитом [5, 28, 44].

Можно привести значительно больше научных публикаций, доказывающих протекторные свойства низкоэнергетического ЛС в отношении ионизирующего излучения, а также ряда других патогенных физических и химических факторов, но и так понятны причины, по которым это ценное свойство НИЛИ используется в современной лечебной практике.

Заключение. Даже такой, самый краткий обзор литературы, наглядно и вполне убедительно демонстрирует, что низкоинтенсивный (низкоэнергетический) лазерный свет, используемый в современной физиотерапии, при условии соблюдения простых правил работы с ним абсолютно безопасен. Он не обладает тератогенным, мутагенным и канцерогенным свойствами, а наоборот, обеспечивает защиту живого организма от самых различных внешних патогенных факторов, химической или физической природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Авраменко Б.И., Володин В.Г., Лисовская З.И. и др. Мутагенное действие лазерного излучения на семена пшеницы и ячменя // Докл. АН БССР. – 1978. – Т. 22, № 10. – С. 951–954.
- 2 Агузарова З.В., Мамукаев М.Н. Биохимические показатели крови при лучистых воздействиях // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – № 66(02). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/36.pdf>
- 3 Андрианов О.В., Кухта О.А., Ковшарь Ю.А. Проблемы комплексной реабилитации инвалидов вследствие злокачественных новообразований молочной железы с постмастэктомическим синдромом (обзор литературы) // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2011. – № 1. – С. 50–53.
- 4 Антонова И.В., Богачева Е.В., Китаева Ю.Ю. Роль экзогенных факторов в формировании врожденных пороков развития (обзор) // Экология человека. – 2010. – № 6. – С. 30–35.
- 5 Аристархов В.Г., Кириллов Ю.Б., Строев Е.А. Проблема выбора лечения при аутоиммунных заболеваниях щитовидной железы. – Рязань, 1998. – 121 с.
- 6 Арсагов В.А. Морфологические, физиологические показатели и жизнеспособность бройлеров в онтогенезе при светолазерной активации: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владикавказ, 2005. – 22 с.
- 7 Балакирев С.А., Гусев Л.И., Казанова Г.В. Низкоинтенсивная лазерная терапия в детской онкологии // Вопросы онкологии. – 2000. – Том 46, № 4. – С. 459–461.
- 8 Березина Н.М., Каушанский Д.А. Предпосевное облучение семян культурных растений. – М.: Атомиздат, 1975. – 263 с.
- 9 Бессарабов Б.Ф., Мельникова И.И., Петров Е.Б. и др. Применение лучей гелий-неонового лазера для стимуляции эмбриогенеза сельскохозяйственной птицы. – М.: МВА, 1986. – 26 с.
- 10 Будаговский А. Обладает ли низкоинтенсивное лазерное излучение мутагенным действием? // Фотоника. – 2013, № 2(38). – С. 114–127.
- 11 Бурилков В.К. Рекомбиногенное действие лазерного излучения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Минск, 1985. – 20 с.
- 12 Валькович Э.И. Тератогенез и тератогенность // Педиатр. – 2010. – Том 1, № 1. – С. 13–15.
- 13 Ванюшин Б.Ф. Эпигенетика сегодня и завтра // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013, 17 (4/2). – С. 805–832.
- 14 Васильева О.А. Этапная фармаколазерная терапия и профилактика в комплексной системе оздоровления плода и новорожденного при фетоплацентарной недостаточности: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 2005. – 48 с.
- 15 Володин В.Г., Мостовников В.А., Авраменко Б.И. и др. Лазеры и наследственность растений. – Минск: Наука и техника, 1984. – 175 с.
- 16 Ворсобина Н.В. Изучение действия инфракрасного низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения на продолжительность жизни *Drosophila melanogaster*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Калуга, 2005. – 23 с.
- 17 Вайзенен Г.Н., Миргородский Г.Г., Вайзенен А.Г., Токарь А.И. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров на отечественном комплексе // Агропродовольственная Политика России. – 2014. – № 6 (18). – С. 29–33.

- 18 Вьяйзенен Г.Н., Токарь А.И. Влияние лазерного излучения с различными матрицами на интенсивность роста цыплят-бройлеров при напольном выращивании // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 10 – С. 13–18.
- 19 Вьяйзенен Г.Н., Токарь А.И., Вьяйзенен Г.А. и др. Использование лазерных технологий в животноводстве : учебник для студентов вуз. – Великий Новгород: «Печатный двор «Великий Новгород», 2009. – 416 с.
- 20 Газазян М.Г., Васильева О.А. Влияние низкоинтенсивного лазерного облучения крови беременных на состояние плода и новорожденного при плацентарной недостаточности // Лазерная медицина. – 2000. – Т. 4, вып. 1. – С. 7–11.
- 21 Гончаренко Н.А. Лазерное облучение яиц и его влияние на вывод молодняка // Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб. / ІП УААН. – Харків, 2008. – Вип. 62.
- 22 Грачев С.В. Лазерное поле: о предпосевной обработке семян лучами гелий-неонового лазера // Аврора. – 1983. – № 4. – С. 121–125.
- 23 Грушина Т.И. Злокачественные опухоли и физиотерапия // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 2013. – № 1. – С. 70–79.
- 24 Грушина Т.И. Реабилитация в онкологии: физиотерапия. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 240 с.
- 25 Гусев Л.И., Притыко Д.А., Шароев Т.А. Лазерная гемотерапия в клинической онкологии // Российский онкологический журнал. – 2013. – № 6. – С. 48–53.
- 26 Гусев Л.И., Шахсуварян С.Б., Рожнов Р.Ю. и др. Клинические исследования эффективности низкоинтенсивного лазерного излучения в онкологии // Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН. – 2003. – Том 14, № 2. – С. 36–41.
- 27 Даниловских М.Г., Винник Л.И. Стимуляция бройлеров оптическим излучением нетепловой интенсивности // Птицеводство. – 2013. – № 10. – С. 13–19.
- 28 Денисов И.Н., Михайлов В.А., Александрова О.К., Поляков А.В. Лечение аутоиммунного тиреоидита с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 1998. – № 3. – С. 15–16.
- 29 Драган А.И., Кедрова Т.Г., Храпунов С.Н. Мутагенез в клетках меристемы лука под действием электромагнитных излучений оптического диапазона // 3-я Всес. конф. по сельскохоз. радиологии. – Обнинск, 1990. – С. 76–77.
- 30 Дудин Г.П. Лазерный мутагенез у ячменя: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – СПб., 1993. – 49 с.
- 31 Желнина Н.В. Особенности рекомбинационного действия низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения ($\lambda = 890$ нм) у *Drosophilamelanogaster*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Калуга, 1999. – 20 с.
- 32 Зырянов Б.Н., Евтушенко В.А., Кицманюк З.Д. Низкоинтенсивная лазерная терапия в онкологии. – Томск: СТТ, 1998. – 336 с.
- 33 Идрисова Р.С. Влияние монохроматического красного света на репарацию печени в эксперименте и клинике // Здравоохр. Казахстана. – 1977. – № 2. – С. 57–59.
- 34 Кабисов В.Э. Жизнеспособность, продуктивность и морфологические показатели цыплят-бройлеров при облучении лазером «Матрикс»: автореф. дис. ... канд. с-хоз. наук. – Владикавказ, 2011. – 24 с.
- 35 Караченцев Ю.И., Евдокименко В.И., Акимов А.Б. Ультразвуковая диагностика послеоперационного рецидивного зоба // Вопросы эндокринологии. – М., 1990. – С. 101–104.
- 36 Картелишев А.В., Коколина В.Ф., Васильева О.А. и др. Лазерная профилактика перинатальных осложнений фетоплацентарной недостаточности // Лазерная медицина. – 2006. – Т. 10, вып. 3. – С. 14–22.
- 37 Картелишев А.В., Коколина В.Ф., Нафталиева Д.И., Румянцев А.Г. Лазерная и противовирусная терапия в комплексном лечении аногенитальных кондилом у девочек // Материалы Первого регион. науч. форума «Мать и дитя». – Казань, 2007. – С. 257–258.
- 38 Картелишев А.В., Колупаев Г.П., Москвин С.В. и др. Концепция и технологии этапной лазерной терапии и профилактики при психосоматической патологии / Материалы научно-практ. конф. «Низкоинтенсивная лазерная терапия» // Лазерная медицина. – 2002. – Т. 6, вып. 4. – С. 44–46.
- 39 Кару Т.Й. Первичные и вторичные клеточные механизмы лазерной терапии // Низкоинтенсивная лазерная терапия. – М.: ТОО «Фирма «Техника», 2000. – С. 71–94.
- 40 Кару Т.Й., Лобко В.В., Лукпанова Г.Г. и др. Влияние облучения монохроматическим видимым светом на содержание цАМФ в клетках млекопитающих // ДАН СССР. – 1985. – Т. 281. – № 5. – С. 1242–1244.
- 41 Князева В.А., Суйя Е.В., Сулейманов Ф.И. Исследования влияния магнитного поля и лазерного излучения на органы-мишени и развитие эмбрионов кур // Известия Великолукской ГСХА. – 2015. – № 1. – С. 22–26.
- 42 Комарова Т.Е. Эмбриональное и постэмбриональное развитие бройлеров при предынкубационной обработке яиц мясных кур магнитно-лазерным излучением // Сельхозбиология. – 2007. – № 6. – С. 93–96.

- 43 Комбинированное и комплексное лечение рака легкого, молочной железы, пищевода и прямой кишки в условиях применения растительных адаптогенов и лазерного облучения крови (методические рекомендации) / Разраб. НИИ онкологии им. проф. Н.Н. Петрова Утв. 01.03.96. Протокол № 96/85.
- 44 Кривова В.А. Неинвазивная гемолазеротерапия в системе реабилитации больных аутоиммунным тиреоидитом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2010. – 25 с.
- 45 Кривошеина О.С. Использование лазерного излучения, дальнего красного света и этрела в качестве мутагенных факторов для создания исходного материала ярового ячменя: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1998. – 24 с.
- 46 Лазерная терапия в лечебно-реабилитационных и профилактических программах: клинические рекомендации. – М., 2015. – 80 с.
- 47 Лазерная терапия в онкологической клинике: Методические рекомендации. МЗ РСФСР / Разраб. Московский НИИ онкологический институт им. П.А. Герцена; сост.: С.Д. Плетнев. – М., 1982. – 27 с.
- 48 Лазерная терапия воспалительных и онкологических заболеваний мягких тканей: Методические рекомендации МЗ УССР / Разраб. Одесский медицинский институт им. Н.И. Пирогова; сост.: А.П. Доценко, В.В. Грубник, С.А. Гешелин и др. – Одесса, 1988. – 19 с.
- 49 Литвинова Т.М., Косенко И.А., Фурманчук Л.А. Эффективность лечения рака тела матки с неблагоприятным прогнозом комплексным методом, включающим лазерную гемотерапию // *ARS Medica*. – 2012. – № 3. – С. 132–133.
- 50 Литвинова Т.М., Косенко И.А., Фурманчук Л.А., Таргонская Г.К. Снижение лучевых реакций и осложнений с помощью внутривенного лазерного облучения крови // *УРЖ*. – 2009. – Том XVII. – № 3. – С. 306–308.
- 51 Литвинова Т.М., Косенко И.А., Хорошун М.В. К вопросу о применении внутривенного лазерного облучения крови в клинической онкологии // *Онкологический журнал*. – 2010. – Т. 4. – № 1. – С. 28–32.
- 52 Маликов Д.И. О генетическом действии гелиометеорологических факторов // *Использование солнечной энергии в технике, сельском хозяйстве и медицине*. – Алма-Ата, 1969. – С. 91–94.
- 53 Мамукаев М.Н., Тохтиева Т.А., Арсагов В.А. Жизнеспособность, продуктивность и морфологические показатели эмбриогенеза цыплят-бойлеров при лучистых воздействиях. – Владикавказ: ФГОВПОГГАУ, 2004. – 79 с.
- 54 Микляева М.А., Скрылева Л.Ф., Анисимов А.Г. и др. Эмбриональная гибель гусей и кур при воздействии низкоинтенсивного лазерного излучения // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. – 2014. – Т. 19. – № 5. – С. 1442–1445.
- 55 Москвин С.В. О некоторых заблуждениях, мешающих развитию лазерной терапии. – Тверь: Триада, 2012. – 12 с.
- 56 Москвин С.В. Основы лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия». Т. 1. – М.–Тверь: Триада, 2016. – 896 с.
- 57 Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия». Т. 2. – М.–Тверь: Триада, 2014. – 896 с.
- 58 Мурзин А.Г., Резников Л.Л. К вопросу о механизмах биологического действия низкоинтенсивного лазерного излучения // *Лазерная биофизика и новые методы применения лазеров в медицине*. – Тарту. – 1990. – С. 106–109.
- 59 Мусаев М.А., Абдуллаева Т.Ю., Егизаров В.В. Мутагенный эффект лазерного излучения на томаты // *Цитология и генетика*. – 1971. – Т. 5. – № 3. – С. 207–208.
- 60 Онкология. Клинические рекомендации / под ред. В.И. Чиссова, С.Л. Дарьяловой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 720 с.
- 61 Панков О.П. Офтальмология // *Низкоинтенсивная лазерная терапия* / под ред. С.В. Москвина и В.А. Буйлина. – М., 2000. – С. 614–683.
- 62 Перельгина Л.А., Лисаченко О.Д., Конюшенко Л.Ю. и др. Стимулирующее и радиопротекторное действие лазерного облучения, осуществляющееся в комбинации с лучевым поражением // *Матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии»*. – Харьков, 1996. – С. 35.
- 63 Перельгина Л.А., Щербаков М.В., Богоутдинова Л.В., Миколаенко С.Л. Лазерное излучение является антагонистом ионизирующего // *Матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии»*. – Харьков, 1997. – С. 74.
- 64 Петров Е.Б. Стимуляция эмбриогенеза кур на ранних стадиях развития эмбриона лучами лазера // *Мат. вет. акад.* – 1981. – Т. 119. – С. 62–65.
- 65 Приказ МЗ РФ № 1705н от 29.12.2012 «О порядке организации медицинской реабилитации»

- 66 Приказ МЗ РФ № 572н от 01.11.2012 г. «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология (за исключением использования вспомогательных репродуктивных технологий)»».
- 67 Приказ Минздравсоцразвития России № 197 от 27 марта 2006 г. «Об организации деятельности родильного дома (отделения)».
- 68 Притыко А.Г., Притыко Д.А. К вопросу об интенсификации коечного фонда многопрофильного детского стационара // *Здравоохранение РФ*. – 2013. – № 1. – С. 49–51.
- 69 Родимцев А.С., Будаговский А.В., Микляева М.А. Влияние низкоинтенсивного когерентного излучения на эмбриональное развитие гусей и кур // *Сучасне птахівництво*. – 2011. – № 11–12. – С. 1–10.
- 70 Самойлова К.А., Князев Н.Н., Зимин А.А. и др. Влияние низкоинтенсивного видимого и ближнего инфракрасного излучения на имплантированные опухоли у лабораторных животных // *Фотобиология и фотомедицина*. – 2009. – № 4. – С. 6–18.
- 71 Стаханов М.Л. Постмастэктомический синдром: классификация, диагностика, лечение, профилактика: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 2001. – 46 с.
- 72 Тохтиев Т.А. Жизнеспособность, продуктивность и морфологические показатели эмбриогенеза цыплят-бройлеров при лучистых воздействиях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владикавказ, 2004. – 21 с.
- 73 Тулупова М.С. Состояние плодов, новорожденных, родившихся от матерей с фетоплацентарной недостаточностью и в зависимости от способа разрешения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Красноярск, 2002. – 23 с.
- 74 Улащик В.С. Лазерное излучение: использование в онкологии // *Здравоохранение (Минск)*. – 2013. – № 12. – С. 21–29.
- 75 Урусова А.И., Беляев П.А., Жданова А.С. и др. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения и коллоидного наносеребра на имплантированные опухоли у лабораторных животных // *Bulletin of Medical Internet Conferences*. – 2013. – № 3 (3). – С. 612.
- 76 Усманов П.Д., Старцев Г.А., Шабалов В.В. О мутагенном действии лазерного облучения на семена *Arabidopsis thaliana* // *Докл. АН СССР*. – 1970. – Т. 193. – № 2. – С. 455–457.
- 77 Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению постмастэктомического синдрома // Разработали: Ермощенко М.В., Филоненко Е.В., Зикиряходжаев А.Д. – М., 2013. – 44 с.
- 78 Федеральные клинические рекомендации по профилактике ранних лучевых реакций у онкогинекологических больных // Разработали: Филоненко Е.В., Урлова А.Н., Демидова Л.В., Бойко А.В. – М., 2014. – 19 с.
- 79 Хоров А.О. Лазерные технологии в онкологической практике. Часть I // *Журнал ГрГМУ*. – 2010. – № 4. – С. 23–27.
- 80 Хохлов И.В., Данилов А.С. Лазеры помощники селекционера. – Минск: Наука и техника, 1987. – 69 с.
- 81 Хохлов Р.Ю. Возрастная морфология яйцеводов кур в зависимости от монохроматического (оранжевого) освещения (экспериментально-морфологическое исследование): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Саранск, 2001. – 18 с.
- 82 Чебан О.И., Мамедова О.А., Москвин С.В. и др. Применение аппарата «Мустанг» в лазеротерапии онкологических больных // *Материалы VII междунаучно-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии»*. – Ялта, 1996. – С. 107–108.
- 83 Чебан О.И., Мамедова О.А., Москвин С.В. и др. Применение аппарата «Мустанг» в лазеротерапии онкологических больных // *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН*. – 1996. – Т. 7. – № 1. – С. 54–56.
- 84 Чернова Г.В., Эндебера О.П., Каплан М.А., Желнина Н.В. Низкоинтенсивное импульсное лазерное излучение ($\lambda = 0,89$ мкм) не является полностью индифферентным по отношению к мейотической рекомбинации // *Физическая медицина*. – 1993. – Т. 3. – № 1–2. – С. 50–54.
- 85 Чернова О.Ф. Генетическая эффективность лазерного излучения на растениях: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Минск, 1989. – 15 с.
- 86 Шахов А.А. Фотоэнергетика растений и урожай. – М.: Наука, 1993. – 415 с.
- 87 Шейко Е.А., Шихлярова А.И., Шевченко А.Н. и др. Профилактика осложнений противоопухолевого лечения у онкоурологических больных с использованием лазерных технологий // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 11–2. – С. 301–304.
- 88 Эндебера О.П. Оценка биологической эффективности инфракрасного низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения на уровне характеристик приспособленности у *Drosophila melanogaster*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Обнинск, 1996. – 20 с.

- 89 Якименко И.Л., Царенко Т.М., Сидорик Е.П. Модулирующее влияние излучения гелий-неонового лазера на состояние антиоксидантной и гидроксилующей систем печени у перепелов при рентгеновском облучении и химической интоксикации // Украинский биохимический журнал. – 2004. – Т. 76. – № 5. – С. 115–122.
- 90 Abramoff M.M.F., Lopes N.N.F., Lopes L.A. et al. Low-level laser therapy in the prevention and treatment of chemotherapy-induced oral mucositis in young patients // Photomedicine and Laser Surgery. – 2008, 26(4): 393–400.
- 91 Avila R.E., Samar M.E., Juri H.O., De Fabro S.P. Effects of He-Ne laser irradiation on chick embryo mesonephros // Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery. – 1992, 10(4): 287–290.
- 92 Balakirev S.A., Gusev L.I., Grabovschiner A.A. et al. The application of low level laser radiation in children's oncology with complication caused by chemoradiation. In: Laser use in oncology; SPIE. – 1999, 4059: 46–49.
- 93 Baylin S.B., Herman J.G., Graff J.R. et al. Alterations in DNA methylation: a fundamental aspect of neoplasia // Adv. Cancer Res. – 1998, 72: 141–196.
- 94 Bensadoun R.J., Nair R.G. Low-level laser therapy in the prevention and treatment of cancer therapy-induced mucositis: 2012 state of the art based on literature review and meta-analysis // Curr Opin Oncol. – 2012, 24(4): 363–370.
- 95 Bjordal J.M. Low level laser therapy (LLLT) and World Association for Laser Therapy (WALT) dosage recommendations // Photomedicine and Laser Surgery. – 2012. – Vol. 30 (2). – P. 61–62.
- 96 Campos L., Simões A., Sá P.H., Eduardo C. de P. Improvement in quality of life of an oncological patient by laser phototherapy // Photomedicine and Laser Surgery. – 2009, 27(2): 371–374.
- 97 Capuano F., Muelleder M., Kok R. et al. Cytosine DNA methylation is found in *Drosophila melanogaster* but absent in *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe* and other yeast species // Analytical Chemistry. – 2014: 140318143747008. doi: 10.1021/ac500447w
- 98 Carati C.J., Anderson S.N., Gannon B.J., Piller N.B. Treatment of postmastectomy lymphedema with low-level laser therapy // Cancer. – 2003, 98(6): 1114–1122.
- 99 Carvalho P.A., Jaguar G.C., Pellizzon A.C. et al. Evaluation of low-level laser therapy in the prevention and treatment of radiation-induced mucositis: a double-blind randomized study in head and neck cancer patients // Oral Oncol. – 2011, 47(12): 1176–1781.
- 100 Efremova Y., Sinkorova Z., Navratil L. Protective effect of 940 nm laser on gamma-irradiated mice // Photomedicine and Laser Surgery. – 2015, 33(2): 82–91.
- 101 Fedoseyeva G.E., Karu T.I., Lyapunova T.S. et al. The activation of yeast metabolism with He-Ne laser radiation – II. Activity of enzymes of oxidative and phosphorous metabolism // Lasers in the Life Sciences. – 1988. – Vol. 2 (2). – P. 147–154.
- 102 Fedoseyeva G.E., Karu T.I., Lyapunova T.S. et al. The activation of yeast metabolism with He-Ne laser radiation – I. Protein synthesis in various cultures // Lasers in the Life Sciences. – 1988⁽¹⁾. – Vol. 2 (2). – P. 137–146.
- 103 Fekrazad R., Naghdi N., Nokhbatolfoghahaei H., Bagheri H. The combination of laser therapy and metal nanoparticles in cancer treatment originated from epithelial tissues: a literature review // Journal of Lasers in Medical Sciences. – 2016, 7(2): 62–75.
- 104 Gautam A.P., Fernandes D.J., Vidyasagar M.S. et al. Low level laser therapy for concurrent chemoradiotherapy induced oral mucositis in head and neck cancer patients – A triple blinded randomized controlled trial // Radiotherapy and Oncology. – 2012, 104: 349–354.
- 105 Karu T., Kurchikov A., Letokhov V., Mokh V. He-Ne laser radiation influences single-channel ionic currents through cell membranes: A patch-clamp study // Lasers in the Life Sciences. – 1996⁽¹⁾. – Vol. 7 (1). – P. 35–48.
- 106 Karu T.I. Photobiology of low-power laser therapy. – London, Paris, New-York: Harwood Acad. Publishers, 1989. – 187 p.
- 107 Karu T.I., Kalendo G.S., Letokhov V.S., Lobko V.V. Biostimulation of HeLa cells by low intensity visible light. I. Stimulation of DNA and RNA synthesis in a wide spectral range // Il Nuovo Cimento D. – 1984. – Vol. 3. – P. 309–318.
- 108 Karu T.I., Kutomkina E.V., Lyapunova T.S., Pomoshnikova N.A. The activation of yeast metabolism with He-Ne laser radiation. III. Protein synthesis in *Saccharomyces ludwigii* grown in aerobic and anaerobic conditions // Lasers in the Life Sciences. – 1993. – Vol. 5 (4). – P. 259–266.
- 109 Karu T.I., Lyapunova T.S., Pomoshnikova N.A. The activation of yeast metabolism with He-Ne laser radiation. IV. Relationship between the activity of catalase and stimulation of protein synthesis // Lasers in the Life Sciences. – 1993⁽¹⁾. – Vol. 5 (4). – P. 251–257.
- 110 Karu T.I., Pyatibrat L.V., Kalendo G.S. et al. Effects of monochromatic low-intensity light and laser irradiation on adhesion of HeLa cells in vitro // Lasers in Surgery and Medicine. – 1996. – Vol. 18 (3). – P. 171–177.

- 111 Karu T.I., Tiphlova O.A., Lukpanova G.G., Parkhomenko I.M. Effect of irradiation with monochromatic visible light on cAMP content in Chinese hamster fibroblasts // *Il Nuovo Cimento*. – 1987, 9(10): 1245-1251.
 - 112 Lanzafame R., Myakishev M., Stadler I. et al. Photoradiation at 670 nm does not influence UVB-induced squamous cell carcinoma in hairless mice treated after tumor induction // *American Society for Laser Medicine and Surgery Twenty-Ninth Annual Conference April 1-5, Abstracts*. – 2009, 41(S21):61-62.
 - 113 Lanzafame R.J. Photobiomodulation and cancer and other musings // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2011, 29(1): 3-4.
 - 114 Migliorati C., Hewson I., Lalla R.V. et al. Systematic review of laser and other light therapy for the management of oral mucositis in cancer patients // *Support Care Cancer*. – 2013, 21(1): 333-341. doi: 10.1007/s00520-012-1605-6
 - 115 Morkunas V., Ruksenas O., Vengris M. et al. DNA damage in bone marrow cells induced by ultraviolet femtosecond laser irradiation // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2011, 29(4): 239-244.
 - 116 Myakishev-Rempel M., Stadler I., Brondon P. et al. A preliminary study of the safety of red light phototherapy of tissues harboring cancer // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2012, 30(9): 551-558.
 - 117 Peterson D.E., Bensadoun R.-J., Roila F. Клинические рекомендации ESMO по лечению мукозитов слизистой ротовой полости и желудочно-кишечного тракта // Минимальные клинические рекомендации европейского общества медицинской онкологии (ESMO). – М., 2010. – С. 397-403.
 - 118 Pillai P.P.U. Studies on the effect of laser radiation and other mutagens on plants. – Cochin University of Science and Technology, 1998. – 317 p.
 - 119 Samar M.E., Avila R.E., Juri H.O. et al. Histological changes produced by He-Ne laser on different tissues from chick embryo // *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. – 1993, 11(2): 87-89.
 - 120 Samar M.E., Avila R.E., Juri H.O. et al. Histopathological alterations induced by He-Ne laser in the salivary glands of the posthatched chicken // *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. – 1995, 13(4): 267-272.
 - 121 Santana-Blank L., Rodríguez-Santana E., Santana-Rodríguez J.A. et al. Laser photobiomodulation as a potential multi-target anticancer therapy-review // *Journal of Solid Tumors*. – 2013, 3(2): 50-62.
 - 122 Simões A., Eduardo F.P., Luiz A.C. et al. Laser phototherapy as topical prophylaxis against head and neck cancer radiotherapy-induced oral mucositis: comparison between low and high/low power lasers // *Lasers in Surgery and Medicine*. – 2009, 41(4): 264–270.
 - 123 Takayama S., Dhahbi J., Roberts A. et al. Genome methylation in *D. melanogaster* is found at specific short motifs and is independent of DNMT2 activity // *Genome Research*. – 2014. doi: 10.1101/gr.162412.113
-

Рукопись получена: 12 августа 2016 г.

Принята к публикации: 19 августа 2016 г.