

# Квантово-цифровые технологии в онкологии

В.А.Титова, Г.А.Паньшин, Л.Н.Шевченко,  
В.Ю.Петровский

ФГБУ «Российский научный центр  
рентгенорадиологии» МЗ РФ, Москва

Оптоволоконные лазерные технологии включали мультимодальное терапевтическое воздействие в рамках последовательного использования медицинских технологий, а именно: локальную лазерную гипертермию для ускорения резорбции опухоли на фоне лучевой и химиотерапии в 3–5 раз; профилактику и лечения лучевых и комбинированных осложнений и фотодинамическую терапию в самостоятельном варианте или в сочетании с радиотерапией.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное и высокоинтенсивное лазерное излучение, ФДТ-терапия для онкологических больных.

## Quantum Digital Technologies in Oncology

V.A.Titova, G.A.Panshin, L.N.Shevchenko,  
V.Yu.Petrovsky

Russian Scientific Center of Roentgenology  
and Radiology of the Ministry of Health  
of the Russian Federation, Moscow

Fiber-optic laser technologies included multimodal therapeutic effects as part of the consistent use of medical technologies, namely: local laser hyperthermia to accelerate tumor resorption against the background of radiation and chemotherapy by 3–5 times; prevention and treatment of radiation and combined complications, and photodynamic therapy, either separately or in combination with radiotherapy.

**Keywords:** low-intensity and high-intensity laser radiation, PDT therapy for cancer patients.

### Введение

Несмотря на эволюционное развитие диагностических и терапевтических технологий в онкологии и гарантируемую высокую эффективность стандартизованных методов лечения, сохраняется определенная ниша для использования, наряду с традиционными вариантами хирургического, лучевого и лекарственного методов лечения (химиотерапия, гормональная терапия), медицинских технологий, основанных на применении инновационных лазерных методов и систем [1–5].

Однако высокая частота местнораспространенных форм рака и рецидивов заболевания требуют расширения клинических показаний для применения современных лазерных технологий, обеспечивающих многопрофильное воздействие в рамках хирургического лечения, достижения радиомодифицирующего и протективного влияния в отношении лучевых осложнений (ЛО) и их лечения, а также – лазерной фотодинамической терапии и разработки методик антиопухолевой лазерной терапии [4–7].

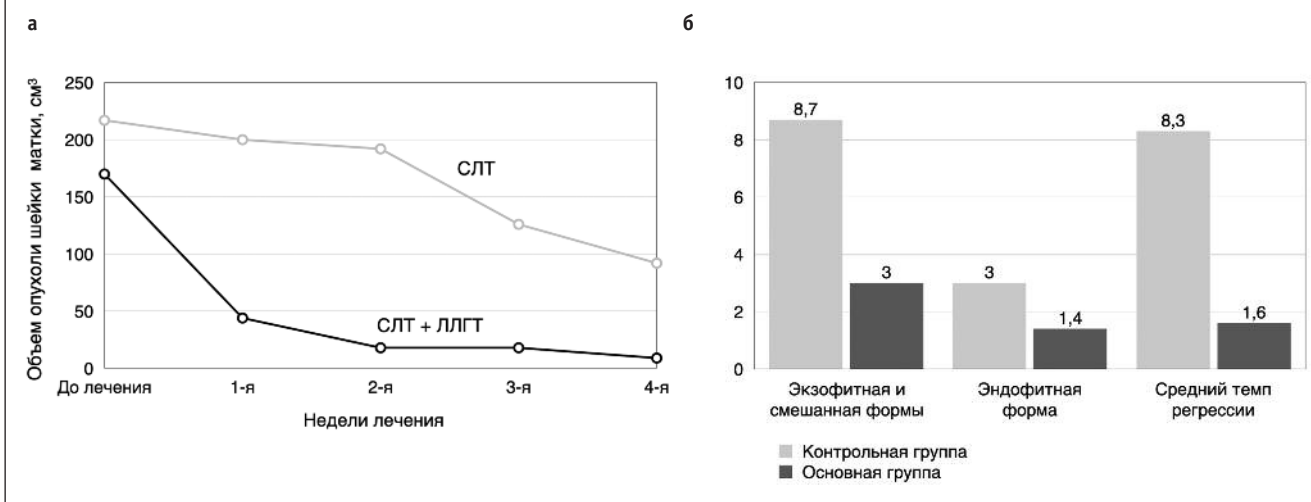
Помимо традиционных методов специального лечения злокачественных новообразований, создание современных многоволновых медицинских лазерных систем представляется также весьма актуальным при лечении онкологических больных и прежде всего при хирургическом лечении онкологических заболеваний [1]. Так, в урологии одним из примеров эффективного использования медицинских лазеров является уникальная оптоволоконная лазерная система Уролаз в виде двухволнового лазерного хирургического аппарата повышенной мощности, относящегося к третьему поколению российских аппаратов, применяемых в хирургии. При этом, используются лазеры на волокнах, активированные тулием (Tm при длине волны  $\lambda=1,94$  мкм, основное излучение приходится на локальный максимум поглощения в биотканях) и эрбием (Er при длине волны  $\lambda=1,55$  мкм вспомогательное излучение позволяет обеспечить дополнительный гемостаз). Излучение с длиной волны  $\lambda=1,94$  мкм поглощается на глубине порядка 50 мкм, что при высокой мощности излучения (60 Вт в непрерывном режиме) гарантирует необходимый режущий эффект при малом термическом повреждении и карбонизации прилегающих к месту воздействия тканей. Основным эффектом аппарата является вапоризация и энуклеация опухолей при хирургических операциях, особенно при лечении доброкачественной гиперплазии простаты. Аппарат с успехом может использоваться также для рассечения и перфорации костной ткани, где высокая пиковая мощность (до 120 Вт) при импульсно-периодическом режиме и малой длительности самих импульсов излучения и высокой частоте позволяет применять его также при литотрипсии (дроблении камней). В целом, волоконные лазеры с полупроводниковой накачкой обладают высокой надежностью, длительным сроком эксплуатации и малым временем подготовки к работе [1]. Они свободно размещаются на стандартной эндоскопической стойке или столе и отличаются низким энергопотреблением. Следует подчеркнуть, что применение оптоволоконных лазеров эффективно показало себя в онкологии при применении локальной лазерной гипертермии (ЛЛГ) в качестве способа усиления эффекта радиационного воздействия при резистентных к цитостатической и радиотерапии опухолях большого объема, а также в профилактике и лечении постлучевых и постхимиотерапевтических осложнений (низкоинтенсивное лазерное излучение – НИЛИ), при фотодинамической терапии (ФДТ) в качестве адьювантного или самостоятельного лечения ряда опухолей [3, 8] и как локальный анальгезирующий способ воздействия. В настоящее время свое место в клинической практике стали занимать технологии ФДТ в качестве интраоперационного воздействия, которые оказались способными не только повысить результативность лечения, но и улучшить качественные характеристики жизни пациентов с социально значимыми опухолями, например, местнораспространенными опухолями молочной железы и желудочно-кишечного тракта [7–9].

### Материал и методы

В ходе выполнения работы был обоснован выбор и апробирован рабочий диапазон технических характеристик установки в соответствии с медицинскими задачами и экономической целесообразностью внедрения высокотехнологичных разработок в практическое здравоохранение. В соответствии с возможностями лазерной установки Лазон-ФТ, клинически были проведены исследования в 3 направ-

Область воздействия	Вид воздействия	Длина волны, мкм	Длительность импульса, мс	Девиация длительности импульса, %	Время, мин
Локально	Импульсное	1,06	1	30	1–2
Локально	Импульсное	0,67	22	10	1–2
Локально	Импульсное	0,67	5	10–15	1–2
Локально	Импульсное	0,67	6	7–10	1
Локально	Импульсное	0,67	7	10	1
Локально	Импульсное	0,67	25	10	1
Локально	Импульсное	0,67	53	10	1–2

Рис. 1. Изменение объема опухоли шейки матки в условиях ЛЛГ с учетом 5 сеансов ЛЛГ и внутрисполостной гамма-терапии (а) и кратность изменения объема при различных формах опухоли (б)



лениях: 1 – локальная лазерная гипертермия (ЛЛГ) как универсальный радиосенсибилизатор (длина волны 1,06 мкм); 2 – фотодинамическая терапия (ФДТ) для лечения базальноклеточного рака и плоскоклеточного рака орофарингеальной области в сочетании с радиотерапией (длина волны 0,63 мкм); 3 – НИЛИ для лечения лучевых осложнений [7, 9–11] и сопутствующих основному заболеванию различных вирусных поражений квазичастотным лазерным воздействием с длиной волны 1,06 мкм. Возможности установки в направлении лазерной хирургии (длина волны – 0,97 мкм) не проверялись.

### Медицинские технологии, утвержденные Минздравом России

1. Методика локальной лазерной гипертермии (ЛЛГ) на установке Лазон-ФТ, как составная часть брахитерапии (БТ)

В целом, целью ЛЛГ является ускорение темпов регрессии опухолей большого размера. При этом, преимущества ЛЛГ заключаются в возможности регуляции температуры, глубины и равномерности локального прогрева опухоли в режиме реального времени посредством изменения параметров лазерного излучения (длина волны, мощность, экспозиция) в ходе процедуры на основании данных прямой термометрии, что позволило нам, используя достижения отечественной лазерной техники, разработать медицинскую технологию ЛЛГ в многокомпонентном лечении рака различной локализации, ЛЛГ при раке шейки матки, влагалища, вульвы и анального канала проводили непосредственно перед сеансом высокоэнергетической БТ с использованием источников  $^{60}\text{Co}/^{192}\text{Ir}$  после индивидуального планирования сеанса на основании количественной оценки параметров опухолевого очага 2D–3D по УЗИ, РКТ/МРТ. Режим

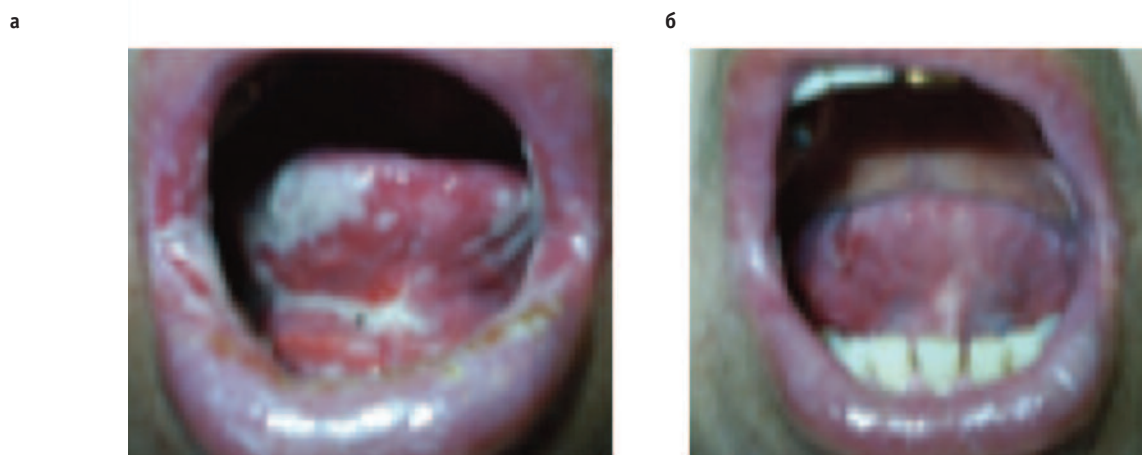
фракционирования, включал подведение разовой очаговой дозы (РОД) – 5–6 Гр до суммарной очаговой дозы (СОД) – 35–50 Гр в области первичной опухоли. Определяли площадь и характер прогрева, в зависимости от этих параметров использовали торцевой или цилиндрический диффузный световод. Далее включали лазерную установку. Критерием прекращения является 3–5-кратное уменьшение объема шейки матки, нормализация эхоструктуры и показателей кровотока, исчезновение симптоматики (при эндофитных опухолях). При метастазах во влагалище критерием прекращения является резорбция метастаза. Непосредственно после каждого сеанса ЛЛГ проводится внутрисполостная гамма-терапия [6, 7, 11].

2. Методика НИЛИ в профилактике и лечении постхимиотерапевтических и лучевых осложнений (ЛО): эпителиитов влагалища, шейки матки, прямой кишки; мукозитов полости рта, дерматитов

ЛТ неизбежно сопряжена с развитием ранних и поздних ЛО, частота которых возрастает в условиях применения высоких доз и химиотерапии. При этом частота ранних ЛО достигает 25%, а интенсивность симптомов – различна. Поздние комбинированные осложнения чаще наблюдаются именно при комплексных методах лечения, выявляются в сроки от 1 года до 5 лет и могут достигать по ECOG III степени тяжести – у 10–13% и IV степени – у 6–8% больных с преобладанием местнораспространенных форм опухоли [4, 5, 10]. При этом ЛО проявляются в виде атрофии слизистой, формировании стеноза органов, режее язвенных поражений и развития свищей. Степень выраженности этих осложнений оценивается в соответствии с рекомендациями RTO/EORTC и в значительной степени зависит от методики, дозы и объема ЛТ. Так, высокая частота рака предстатель-

Область воздействия	Вид воздействия	Длина волны, мкм	Длительность импульса, мс	Девияция длительности импульса, %	Время, мин
Локально	Импульсное	0,67	1	30	1-2
Локально	Импульсное	0,67	28	10	1-2
Локально	Импульсное	0,67	25	25	1-2
Локально	Импульсное	0,67	16	10	1-2
Локально	Импульсное	0,67	22	20	1-2

Рис. 2. НИЛИ на аппарате Лазон-ФТ в лечении мукозитов полости рта (к концу радиотерапии СОД 66 Гр - островковый и сливной мукозит (а) и полная эпителизация после 10 сеансов НИЛИ (б))



ФДТ – метод, расширяющий возможности специального лечения в онкологии.

ной железы и расширение клинических показаний для БТ позволили констатировать развитие позднего лучевого ректита при различных технологиях ЛТ: при конвенциональной дистанционной ЛТ – у 22% после 75 Гр и у 60% больных – более 75 Гр, после БТ – у 10% больных, а после сочетанной ЛТ – в 39 % случаев. При этом современные технологии конформной ЛТ в онкоурологии позволяют снизить частоту ЛО до 5–20% и в онкогинекологии – до 5–10% [4, 5, 10].

#### Эпителиит, мукозит

Сеанс проводили при длине волны 0,67 мкм, диапазон мощностей – 0–0,1 Вт, в импульсном режиме в диапазоне мощностей – 0,1–1 Вт. За 1 сеанс использовали 6–8 режимов лазерного излучения с различными длительностями импульсов.

При сливных эпителиитах производили сканирование всей зоны эпителиита и неповрежденной слизистой на расстоянии 0,5–1 см от краев поражения. При островковых эпителиитах световод устанавливали под контролем лазер-пилота на пораженную зону, фиксировали в кронштейне, включали рабочее излучение. По истечении заданного времени устанавливали параметры следующего режима излучения. Время одного сеанса – 7–12 мин. Доза – 20–30 Дж за сеанс. Количество сеансов в неделю – 3–5.

#### Эпидермит

Сеанс проводится при длине волны 0,67 мкм, импульсным излучением, диапазон мощностей – 0–0,1 Вт. На экран ЖКИ выводятся параметры выбранного режима излучения. Пациента укладывают на кушетку, врач устанавливает световод на расстоянии 3–4 см от поверхности кожи под контролем видимого лазер-пилота. Аппарат включают в рабочий режим, и врач последовательно сканирует всю зону эпидермита и неповрежденную кожу на расстоянии 1 см от краев зоны поражения. По истечении заданного

времени рабочий режим отключается, устанавливаются параметры следующего режима излучения. Продолжительность сеанса НИЛИ – 10–12 мин. Время одного сеанса составляло 10–12 мин. Доза за сеанс – 15–30 Дж. Количество сеансов в неделю – 3–5. После процедуры кожа обрабатывается озонированным маслом. Режимы НИЛИ представлены в табл. 1, 2.

#### 3. Методика фотодинамической терапии (ФДТ) на аппарате Лазон-ФТ

##### Рекомендуемые фотосенсибилизаторы

Фотолон, активное вещество фотолона – хлорин Е6 избирательно накапливается в злокачественных опухолях и при локальном воздействии света с длиной волны 660–670 нм обеспечивает фотосенсибилизирующий эффект, приводящий к повреждению опухолевой ткани (регистрационное удостоверение номер П N<sup>o</sup>015948/01 от 17.09.2004; сертификат соответствия N<sup>o</sup> РОСС ВУ.ФМ02.А86643; изготовитель препарата – Белмедпрепараты ОАО, Республика Беларусь). Внутривенно инфузионно препарат применяется в дозе 2,5–3,0 мг/кг от массы больного. Рассчитанную дозу фотолона растворяют в 200 мл 0,9% раствора натрия хлорида и вводят в течение 30 мин. Через 3–4 ч после введения препарата проводят сеанс локального облучения опухоли в дозе не менее 200–300 Дж/см<sup>2</sup> за сеанс с помощью лазерных аппаратов, генерирующих излучение с длиной волны 660–670 нм. При введении в терапевтических дозах препарат обладает слабо выраженной системной фототоксичностью, так в первую неделю после введения препарата при нарушении светового режима может развиваться гиперемия и отек открытых поверхностей тела (без пигментации при последующем наблюдении).

Радахлорин (модифицированная природная смесь хлоринов из микроводоросли рода *Spirulina*, около 70–90% которых составляет хлорин е6) является фотосенсибилизатором второго поколения. Максимум спектра поглощения препарата радахлорина нахо-

Таблица 3. Частота осложнений I-II степени в зависимости от вида лечения в группе с НИЛИ				
Осложнения, абс. (%)	Виды лечения и число больных			
	Комплексное, 39	Химиолучевое, 46	Комбинированное, 28	Сочетанная радио терапия, 21
Гастроинтестинальная токсичность	33 (84,6)	37 (80,4)	15 (53,6)	6 (28,6)
Гематологическая токсичность	18 (46,2)	18 (39,1)	14 (50)	4 (19,1)
Цистит/энтероколит	22 (56,4)/27(69,2)	15 (32,6)/16 (34,8)	14 (50)/17 (60,7)	5 (23,8)/4 (19,1)
Эпителиит/эпидермит	29 (74,4)/13 (33,3)	26 (56,5)/31 (67,4)	20 (71,4)/13 (46,4)	16 (76,2)/15 (71,4)

Рис. 3. Больной К. – базальноклеточный рак боковой поверхности крыла носа справа с изъязвлением (а) и рубцовоизмененные ткани крыла носа справа после ФДТ с фотосенсибилизатором радахлорином – клиническое излечение (б)



дится в диапазоне  $662 \pm 5$  нм. Концентрация радахлорина в сыворотке крови достигает максимума через 15–30 мин и быстро снижается, составляя после введения в дозе 0,5 мг/кг через 1 ч – 10 мкг/л, а через 24 ч – 1 мкг/л. Концентрация препарата в опухолевой ткани выше, чем в окружающих здоровых тканях в среднем в 3–10 раз, зависит от морфологической структуры опухоли и составляет 2–10 мкг/мл. Около 70–80% препарата метаболизируется в печени до билацидинов. Препарат выводится в неизменном виде с калом (15%) и мочой (3%). Основная часть радахлорина (98%) выводится или метаболизируется в течение первых 48 ч.

#### *Инфузия препарата*

После расчета дозы необходимой для конкретного пациента проводили инфузию препаратов фотолон или радахлорин внутривенно. Введение препарата должно производиться в затемненном помещении, капельно, раствор вводили в течение 30 мин. Первые 5 мин препарат вводили со скоростью 20 капель в минуту, чтобы убедиться, что у данного больного нет повышенной чувствительности к фотолону или радахлорину, затем скорость введения увеличивали до 80 капель в минуту. Через 2,5 ч больному проводили премедикацию внутримышечно (кетонал 200 мг, такевил 2,0 мл, реланиум 10 мг). Через 3 ч после окончания введения фотосенсибилизатора начинается сеанс лазерного воздействия. Лазерное облучение проводится в непрерывном режиме с выходной мощностью 0,2–0,3–0,5 Вт с 1–3 световых полей и энергией поглощения 200–300 Дж/см<sup>2</sup>. Доза радахлорина составляет 0,8–1,3 мг/кг. Расчет дозы световой энергии определяется исходя из площади опухоли [Медицинская технология 3]. С целью защиты глаз медперсонала использовали специальные медицинские светозащитные очки для длины волны 660–670 нм. При поверхностном облучении световая энергия подводится перпендикулярно поверхности опухоли. Использовали кварцевые моноволоконные световоды с длиной два метра диаметром

400–600 мкм с микролинзой, шлифованным торцом. Границы полей облучения обозначали метками с отступлением не менее 5 мм от видимых границ опухоли. Наружному облучению подвергали опухолевые очаги толщиной не более 10 мм. Опухоли размером до 20 мм «облучали» несколькими круговыми полями, а распространенные опухоли более 25 мм – несколькими круговыми полями диаметром 10–20 мм в течение одного сеанса ФДТ. Поля большего размера не применяли, так как на них трудно подвести свет с плотностью мощности, превышающей пороговую, приводящую к возбуждению фотохимической реакции в опухоли. Эпителизация на фоне проведенного лечения наступает на 5–9-й неделе после воздействия лазером. Фотохимические реакции от лазерного воздействия начинаются уже в процессе облучения опухоли: появляются признаки, указывающие на начало фотохимических реакций в опухолевой ткани – гиперемия, отек и изменение окраски тканей, указывающие о нарушении кровотока в опухоли.

#### **Результаты и обсуждение** **Локальная лазерная гипертермия (ЛЛГ) является универсальным «радио-химиомодификатором»**

Лучевое лечение в условиях ЛЛГ было проведено 128 больным раком шейки матки, вульвы, влагалища – Пв–Шв стадиями опухолевого процесса с диаметром первичной опухоли 4,5–6,0 см. В клиническом аспекте было констатировано ускорение темпов регрессии опухолей шейки матки по сравнению с традиционной сочетанной лучевой терапией (рис. 1, а, б).

В результате динамического УЗИ/МРТ, прямого измерения линейных размеров и объема опухоли констатировали, что темпы регрессии, первичной опухоли шейки матки в группе больных с ЛЛГ были в 5,2 раза выше, чем в контрольной (рис. 1, а). Динамическое определение площади и объема визуализируемых очагов после ЛЛГ с БТ показало, что после СОД 10 Гр было зарегистрировано уменьшение

Осложнения, абс. (%)	Виды лечения и число больных, абс. (%)			
	Комплексное, 32	Химиолучевое, 23	Комбинированное, 30	Сочетанная ЛТ, 14
Гастроинтестинальная токсичность	21 (65,6)	8 (34,8)	9 (30)	2 (14,3)
Гематологическая токсичность	19 (59,4)	19 (82,6)	11 (36,7)	6 (42,9)
Цистит/энтероколит	15 (46,9)/16 (50)	9 (39,1)/16 (69,6)	19 (63,3)/21 (70)	8 (57,2)/9 (64,3)
Эпителиит/ эпидермит	24(75)/18 (56,3)	12 (52,2)/11 (47,8)	9 (30)/11 (36,7)	8 (57,2)/6 (42,9)

объема опухолей шейки матки в 1,4 раза; 20 Гр – в 2,4 раза и 60 Гр – в 8,3 раза у 85% леченных. При оценке корреляционной зависимости между темпами регрессии и объемом опухоли до лечения в основной группе была выявлена высокая степень корреляции при любых начальных объемах ( $r>0,8$ ). Наибольшая степень корреляции была получена при опухолях шейки матки объемом свыше 100 см<sup>3</sup> ( $r=0,94$ ); меньшая степень корреляции при опухолях объемом от 51 до 100 см<sup>3</sup> ( $r=0,87$ ). При опухолях объемом менее 50 см<sup>3</sup> эта зависимость оказалась наименее значимой ( $r=0,81$ ) (рис. 1, б).

Примененный метод ЛЛГ позволил соблюсти сроки проведения специального лечения, снизить частоту и степень тяжести осложнений, ограничить потребность в медикаментозном лечении и сократить продолжительность пребывания пациентов в стационаре. Предложенная технология является экономичной, простой в применении и имеет небольшое число противопоказаний.

#### **НИЛИ как метод профилактики и лечения местных и системных лучевых и комбинированных осложнений**

В основе лечебного действия НИЛИ (низкоинтенсивного излучения УФ, видимого и ИК-излучений) лежит именно специфика НИЛИ по формированию лечебного действия когерентного (лазерного) и некогерентного низкоинтенсивных оптических излучений. Сравнительная эффективность ЛТ в онкологии в условиях применения НИЛИ и при традиционных подходах была оценена у 234 больных (134 с применением НИЛИ и 100 без лазерной профилактики О). Частота гастроинтестинальной токсичности I–II степени была достоверно выше при комплексном и химиолучевом лечении ( $p<0,05$ ), гематологическая токсичность I–II степени была достоверно выше при всех видах лечения по сравнению с сочетанной радиотерапией ( $p<0,05$ ), частота циститов и энтероколитов при комплексном и комбинированном лечении была достоверно выше, чем при химиолучевом лечении и сочетанной ЛТ ( $p<0,05$ ); частота эпителиитов была сопоставима при комплексном, комбинированном и самостоятельном лучевом лечении ( $p>0,05$ ) и достоверно выше по сравнению с химиолучевым лечением ( $p<0,05$ ). Эпидермиты I–II степени наблюдались достоверно чаще при конвенциональной ЛТ и химиолучевом лечении ( $p<0,05$ ) (табл. 3).

При сравнении частоты осложнений различных видов лечения было отмечено, что гастроинтестинальная, гематологическая токсичность, эпителииты и эпидермиты I–II степени достоверно чаще наблюдались при комплексном и химиолучевом лечении ( $p<0,05$ ). Частота циститов была достоверно выше при комбинированном лечении и самостоятельной ЛТ ( $p<0,05$ ); энтероколитов – при химиолучевом, комбинированном лечении и самостоятельной ЛТ ( $p<0,05$ ) (табл. 4).

На рис. 2, а, б представлена клиническая картина очагового и сливного мукозита при комплексном лечении рака языка после 2 курсов неоадьювантной полихимиотерапии по схеме платина и таксаны и ЛТ

СОД 40 Гр (рис. 2, а) и элиминация мукозита после лечения НИЛИ (рис. 2, б) без перерывов в специальном лечении.

Эффективность ФДТ с 1–2 курсами при базальноклеточном раке с была изучена у 60 больных раком кожи лица. Средний возраст больных составил 63,7 года. Соотношение мужчин и женщин 1:4. Преобладали больные с T1 и T2 стадиями заболевания. Большинство больных – 55 (83,3%) имели сопутствующую соматическую патологию субкомпенсированного и декомпенсированного характера (по шкале ECOG –WHO) до лечения 2 балла – у 42 (70,8%) пациентов и 3 балла – у 13 (29,2%) пациентов. При проведении ФДТ не было зарегистрировано осложнений. Средние сроки наблюдения – 48 мес. При динамическом наблюдении у 5 (8%) больных развился краевой рецидив заболевания. Трех из них повторно проведена ФДТ с полной регрессией рецидивной опухоли. Рис. 3, а, б иллюстрирует высокий терапевтический и косметический эффект ФДТ на аппарате при базальноклеточном раке кожи лица в течение 5 лет наблюдения. ФДТ способствует расширению терапевтических возможностей традиционных методов лечения рака.

#### **Заключение**

Совершенствование аппаратуры для квантовой цифровой терапии и медицинских технологий использования лазеров в онкологии позволяют считать целесообразным интенсификацию внедрения лазерных технологий также и для противоболевой терапии. При этом отечественные лазеры, в том числе, предприятия ИРЭ-Полус, обеспечивают технологические возможности использования в медицинской практике трехволновых аппаратов с параметрами: 970 нм, до 25 Вт; 820 нм до 15 Вт; 635 нм, до 1 Вт. Мощность излучений регулируется независимо в пределах от 0 до 100% максимальной мощности. Режим работы – непрерывный и импульсно-периодический с длительностями импульсов и пауз от 0,1 до 1000 мс [1].

Лазерный комплекс Лазон-ФТ создавался для осуществления с одного аппарата различных видов волнового воздействия – для ЛЛГ, ФДТ, НИЛИ. Принципиально новым и существенным отличием этого комплекса является возможность цифрового управляемого лазерного воздействия на органы структуры пациента для восстановления функций после травматических, воспалительных, перенесенных вирусных поражений, аллергических и токсических состояний после ЛТ и полихимиотерапии в онкологии. Определенные «фокусированные» режимы лазерного воздействия продуцируют обезболивающий (спазмолитический, антиперистальтирующий), противовоспалительный, регенерирующий тканевые эффекты. Особое внимание в онкологии сегодня обращено на вирус-ассоциируемый механизм злокачественной трансформации клеток-вируса папилломы человека (HPV) и вируса простого герпеса (*Herpes simplex*), например, рака шейки матки и рака орофарингеальной зоны. Эффект, достигающийся с помощью селективного лазерного воздей-

ствия, способствует повышению эффективности противоопухолевого лечения, снижению затрат на терапию дорогостоящего фармакологического сопровождения лучевой терапии и химиотерапии, повышает качество жизни онкологического больного, ускоряя реабилитацию и восстановление трудоспособности.

Таким образом, комплекс Лазон-ФТ гарантирует возможность эффективного и экономически обоснованного нового многопрофильного подхода к лечению сложных органных заболеваний методом квантово-цифровой терапии. Считаем, что страна, ставшая одним из пионеров в области создания лазеров и являющаяся лидером в области их производства, может и должна стать также мировым лидером в гуманитарном направлении их применения.

## Выводы

1. Очевидна целесообразность разработки и совершенствования отечественных технологий квантово-цифровой терапии в сочетании с традиционными методами противоопухолевой терапии.
2. Методики ЛЛГ как радио-химиомодификатора; НИЛИ – для профилактики и лечения ЛО и ФДТ (фотосенсибилизаторы – радахлорин, фотолон) с использованием диодного аппарата «Лазон-ФТ» при первичных и рецидивных злокачественных опухолях являются эффективными и могут применяться в клинических медицинских учреждениях онкологического профиля.
3. Создание и внедрение многофункциональных лазерных установок нового поколения – экономически обосновано и расширяет терапевтические возможности онкологических стационаров.
4. Целесообразно внедрение отечественного универсального многофункционального медицинского терапевтического комплекса на основе использования лазерных инновационных технологий с технической базой сопровождения (датчики прямой термометрии, тепловизор, фиксаторы световодов и др.), как экономически обоснованного направления импортозамещения для практического здравоохранения в рамках ОМС-технологий.
5. Перспективным направлением в онкологии следует считать также подготовку клинических рекомендаций для антистрессовой, протivotоксичной и антиболевогой терапии на отечественных медицинских нанотехнологичных многоволновых лазерных установках.

## Литература/References

1. Минаев В.П. Лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии на основе полупроводниковых и волоконных лазеров. Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35. – № 11. – С. 976–983. / Minaev V.P. Lazernye apparaty dlya khirurgii i silovoj terapii na osnove poluprovodnikovyx i volokonnykh lazerov. Kvantovaya elektronika. 2005; 35: 11: 976–983. [in Russian]

2. Каприн А.Д., Галкин В.Н., Иванов С.А., Солодкий В.А., Титова В.А. Брахитерапия в лечении рака влагалища. Журн. Biomedical Photonics. 2016. – Т. 5. – № 1. – С. 22–26. / Kaprin A.D., Galkin V.N., Ivanov S.A., Solodkij V.A., Titova V.A. Brakhiterapiya v lechenii raka vlagalishcha. Zhurn. Biomedical Photonics. 2016; 5: 1: 22–26. [in Russian]
3. Титова В.А., Снигирева Г.П., Петровский В.Ю., Тельшева Е.Н. Сибирский онкологический журнал. – 2016. – Т. 15. – № 5. – С. 47–54. / Titova V.A., Snigireva G.P., Petrovskij V.Jyu., Telysheva E.N. Sibirskij onkologicheskij zhurnal. 2016; 15: 5: 47–54. [in Russian]
4. Moore E.M., Magrino T.J., Johnstone P.A.S. Rectal bleeding after radiation therapy for prostate cancer: endoscopic evaluation. Rad. 2000; 217: 1: 215–218.
5. Yablon C.M., Banner M.P., Ramchandani P., Rovner E.S. Complications of prostate cancer treatment: spectrum of imaging findings. Radiographics. 2004 Oct.; 24: Suppl. 1: S181–S194.
6. Солодкий В.А., Титова В.А. Автоматизированная контактная лучевая терапия – условия эффективного использования в практическом здравоохранении – журн. Вопросы онкологии. – 2016. Т. 62. – № 5. – С. 688–693. / Solodkij V.A., Titova V.A. Avtomatizirovannaya kontaktnaya luchevaya terapiya – usloviya effektivnogo ispol'zovaniya v prakticheskom zdравookhranении – zhurn. Voprosy onkologii. 2016; 62: 5: 688–693. [in Russian]
7. Солодкий В.А., Титова В.А., Белле Т.С., Колосков С.А. Контактная лучевая терапия с использованием отечественного комплекса АГАТ-ВТ. Руководство для врачей и медицинских физиков. М.: Издательство «Аспект Пресс, 2018. – 192 с. / Solodkij V.A., Titova V.A., Belle T.S., Koloskov S.A. Kontaktnaya luchevaya terapiya s ispol'zovaniem otechestvennogo kompleksa AGAT-VT. Rukovodstvo dlya vrachej i meditsinskikh fizikov. M.: Izdatel'stvo «Aspekt Press, 2018; 192. [in Russian]
8. Филоненко Е.В., Сорибекий Э.К., Иванова-Радкевич В.И. Возможности интраоперационной фотодинамической терапии в лечении местнораспространенного рака молочной железы. Журн. Biomedical Photonics. – 2016. – Т. 5. – № 1. – С. 9–14. / Filonenko E.V., Soribekyan E.K., Ivanova-Radkevich V.I. Vozmozhnosti intraoperatsionnoj fotodinamicheskoy terapii v lechenii mestnorasprostranennogo raka molochnoj zhelezy. Zhurn. Biomedical Photonics. 2016; 5: 1: 9–14. [in Russian]
9. Сулейманов Э.А. Интраоперационная флуоресцентная диагностика и фотодинамическая терапия больных с первичными и метастатическими опухолями брюшины Автореф. Дисс. докт. мед. наук. М.: 2017. – 48 с. / Sulejmanov E.A. Intraoperatsionnaya fluorestantsnaya diagnostika i fotodinamicheskaya terapiya bol'nykh s pervichnymi i metastaticheskimi opukholyami brjushiny Avtoref. Diss. dokt.med nauk. M.: 2017; 48. [in Russian]
10. Шипилова А.Н. Системная и локальная терапия осложнений комплексного и химиолучевого лечения злокачественных новообразований матки и органов полости рта. Авт. дисс. канд. мед. наук. М.: 2010. – 22 с. / Shipilova A.N. Sistemnaya i lokal'naya terapiya oslozhnenij kompleksnogo i khimioluchevogo lecheniya zlokachestvennykh novoobrazovanij matki i organov polosti rta. Avt. diss. kand. med. nauk. M.: 2010; 22. [in Russian]
11. Titova V.A., Kharchenko N.V., Tishenko V.A., Kreinina J.M., et al. Lazer interstitial thermotherapy in multimodal treatment of locally advanced and recurrent gynecological cancer: the pilot study. International Journal of Gynecological Cancer. 2006; 16 (3): 731.

## Сведения об авторах:

**Титова Вера Алексеевна** – д.м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории лучевой терапии ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России, Москва

**Паньшин Георгий Александрович** – д.м.н., профессор, заведующий научно-исследовательским отделом инновационных технологий радиотерапии и химиолучевого лечения злокачественных новообразований ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России, Москва

**Шевченко Людмила Николаевна** – к.м.н., заведующий отделением комплексных методов лечения онкогинекологических заболеваний ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России, Москва

**Петровский Владимир Юрьевич** – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории лучевой терапии ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России, Москва