УДК 621.373.826

DOI: 10.37895/2071-8004-2021-25-1-50-54

# ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 1270 НМ НА РЕПЛИКАЦИЮ ВИРУЛЕНТНЫХ ФАГОВЫХ ВИРИОНОВ

# С.В. Фиалкина<sup>1</sup>, Ю.В. Алексеев<sup>2</sup>, В.А. Дуванский<sup>2,4</sup>, Е.В. Давыдов<sup>2,3,5</sup>

- <sup>1</sup>ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия
- <sup>2</sup> ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины имени О.К. Скобелкина ФМБА России», Москва, Россия
- <sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», Москва, Россия
- <sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
- <sup>5</sup> Ветеринарный центр «РосВет», Москва, Россия

#### Резюме

В работе представлены данные по исследованию влияния облучения лазерным излучением длиной волны 1270 нм фаговых частиц вирулентного клебсиеллезного бактериофага. В качестве объекта изучения использовали лечебный производственный клебсиеллезный бактериофаг. В качестве тест-культуры использовали штамм *Klebsiella pneumoniae* № 296, чувствительный к выбранному фагу. В качестве источника излучения использован экспериментальный прибор производства ООО «Новые хирургические технологии». Аппарат имеет непрерывный режим излучения лазерных полупроводниковых диодов с длиной волны 1270 нм (1268–1272 нм). Количество жизнеспособных фаговых частиц в исходном растворе клебсиеллезного бактериофага составило 5×10<sup>8</sup>. Облучение фага лазерным излучением с длиной волны 1270 нм привело к снижению количества жизнеспособных фаговых частиц до 10<sup>5</sup>. Результаты практически не зависели от времени облучения, т. е. титры фага были в равной мере снижены при воздействии лазерного луча в течение как 5 мин, так и 10 мин и 15 мин. Облучение клебсиеллезного бактериофага лазерным излучением длиной волны 1270 нм приводит к снижению количества жизнеспособных фаговых частиц на 3 порядка логарифма (исходный титр — 10<sup>8</sup>, после обработки — 10<sup>5</sup> негативных фаговых колоний), что говорит об их повреждении. Механизмы повреждения фаговых частиц нуждаются в дальнейшем изучении с целью выяснения возможности применения излучения с этими длинами волн в медицинской практике.

Ключевые слова: светокислородный эффект, лазерное излучение, синглетный кислород, вирионы бактериофага

**Для цитирования:** Фиалкина С.В., Алексеев Ю.В., Дуванский В.А., Давыдов Е.В. Изучение воздействия лазерного излучения 1270 нм на репликацию вирулентных фаговых вирионов // Лазерная медицина. – 2021. – Т. 25. – № 1 – С. 50–54.

Контакты: Алексеев Ю.В., e-mail: ural377@mail.ru

# EFFECTS OF 1270 NM LASER IRRADIATION AT THE REPLICATION OF VIRULENT PHAGE VIRIONS

# Fialkina S.V.<sup>1</sup>, Alekseev Yu.V.<sup>2</sup>, Duvanskiy V.A.<sup>2,4</sup>, Davydov E.V.<sup>2,3,5</sup>

- <sup>1</sup> Gamaleya National Research Center of Epidemiology and Microbiology, Moscow, Russia
- <sup>2</sup> Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine, Moscow, Russia
- <sup>3</sup> Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia
- <sup>4</sup> Russian University of Peoples' Friendship, Moscow, Russia
- <sup>5</sup> Veterinary Center "RosVet", Moscow, Russia

## **Abstract**

Effects of 1270 nm laser light irradiation at phage particles of virulent klebsiellosis bacteriophage were studied. The medical klebsiellosis bacteriophage, manufactured industrially, was taken as the study object. *Klebsiella pneumonia* N 296, sensitive to the selected phage, was used as a test-culture. An experimental device manufactured by LTD «New surgical technologies» was used as a source of light. Semiconductor diodes generate light with wavelength 1270 nm (1268–1272 nm) in the continuous mode. The number of viable phage particles in the initial solution of klebsiellosis bacteriophage was 5×10<sup>8</sup>. Irradiation of the phage with 1270 nm laser light decreased the number of viable phage particles to 10<sup>5</sup>. Results did not practically depend on the exposure time, i. e. phage titers were equally reduced when exposed to laser light for 5 min, 10 min and 15 min. Irradiation of *Klebsiella* bacteriophage with 1270 nm laser light reduced the number of viable phage particles by 3 log orders (initial titer was 10<sup>8</sup>; after irradiation – 10<sup>5</sup> negative phage colonies). It is indicative of their damage. Mechanisms of phage particle damage should be the object of further research so as to define if laser irradiation with the above mentioned wavelengths can be used in medical practice.

Key words: light-oxygen effect, laser irradiation, singlet oxygen, bacteriophage virions

For citations: Fialkina S.V., Alekseev Yu.V., Duvanskiy V.A., Davydov E.V. Effects of 1270 nm laser irradiation at the replication of virulent phage virions. *Lazernaya medicina*. 2021; 25 (1): 50–54. [In Russ.].

Contacts: Alexeev Yu.V., e-mail: ural377@mail.ru

# **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание изучению возможностей применения прямой фотогенерации синглетного кислорода ( ${}^{1}O_{2}$ ) в медицинской практике [1, 2]. Следует отметить, что возможность воздействия синглетного кислорода, образующегося посредством лазерного излучения в спектре его поглощения, на биологические объекты была высказана, а затем и подтверждена еще в конце 1980-х годов отечественными учеными [3, 4]. В последствии этот эффект получил название «светокислородного» эффекта – СКЭ [5]. Наиболее изучены механизмы реализации <sup>1</sup>O<sub>2</sub> в биологических системах при фотодинамическом эффекте (ФДЭ), который давно применяется в клинической практике для лечения ряда заболеваний, хотя и здесь остается много невыясненных деталей [6, 7, 8]. ФДЭ является трехкомпонентным, т. к. для генерации синглетного кислорода используется фотосенсибилизатор + излучение в спектре его поглощения → с образованием <sup>1</sup>O<sub>2</sub>. При СКЭ – это двухкомпонентный процесс: излучение в спектре поглощения кислорода (акцептор  $O_2$ )  $\rightarrow$  образование  ${}^1O_2$  [9, 10]. Таким образом, общим для них является образование одного и того же фотопродукта О2, зависимость результатов воздействия на биологические объекты от поглощенной дозы (доза-эффект) [11, 12, 13]. Различия обусловлены квантовым выходом <sup>1</sup>O<sub>2</sub> (при ФДЭ он значительно выше), локализацией в биологических объектах (при ФДЭ он в основном реализуется в мембранных структурах клеток, при СКЭ он рассредоточен) и путем дезактивации. При ФДЭ дезактивация происходит в основном химическим путем, а при СКЭ значительно выше вероятность физического пути со сбросом возбуждения в окружающую водную матрицу с последующей ее структуризацией. Имеются косвенные доказательства, что СКЭ реализуется через образование синглетного кислорода в субклеточных структурах, возможно в цепи цитохромзависимых окислительно-восстановительных реакций. При определенной мощности действующего излучения не исключается и развитие некоторого термического эффекта на клеточном и субклеточном уровнях, влияющего на протекающие в них физико-химические процессы. Есть также предположения о способности <sup>1</sup>O<sub>2</sub> приводить к конформационным изменениям белковых структур [14]. При проведении фотодинамической терапии в клинической практике наблюдается ее противовирусный эффект [15, 16]. Поэтому изучение воздействия СКЭ на вирусы представляет большой интерес из-за некоторой общности ФДЭ, связанной с генерацией синглетного кислорода. Сложность работы с вирусами, вызывающими различные острые и хронические инфекционные заболевания определило наш интерес к модели бактериофагов, являющиеся прототипами вирусов, лизирующих чувствительные к фагу бактериальные клетки. Известно, что в результате

контакта происходит прикрепление фагов к поверхности поражаемой бактериальной клетки и после возникновения устойчивой связи между специфическим рецепторным участком и вирионом адсорбция фага становится необратимой. Далее фаговая ДНК поступает в цитоплазму бактериальной клетки, вызывает блокирование синтеза ее белков и после репликации и сборки зрелых вирионов наступает лизис клеточной стенки изнутри с выходом вирионов во внешнюю среду. Система фаголизиса базируется на наступающем в определенный специфический момент последовательном ферментативном гидролизе цитоплазматической мембраны. Гидрофобный мембранный белок-холин обеспечивает за счет разрушения цитоплазматической мембраны доступ второго фермента к клеточной стенке, который связан с аутолизином [17].

**Цель:** изучение влияние облучения лазерным излучением длиной волны 1270 нм на фаговые частицы вирулентного клебсиеллезного бактериофага.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали лечебный производственный клебсиеллезный бактериофаг. В качестве тесткультуры использовали штамм Klebsiella pneumoniae № 296, чувствительный к выбранному фагу. В качестве источника излучения использован экспериментальный прибор производства ООО «Новые хирургические технологии». Аппарат имеет непрерывный режим излучения лазерных полупроводниковых диодов с длиной волны 1270 нм (1268-1272 нм). Максимальная регулируемая мощность излучения – до 3 Вт. Аппарат является моноблоком. В состав блока входят: полупроводниковый излучатель, совмещенный с оптическими элементами и световодами вывода излучения, источник питания, блок управления лазером. В проводимом эксперименте мощность излучения составляла 150 мВт. Вначале определяли количество активных фаговых частиц (титр бактериофага). Для этого пипеткой отбирали 1,0 мл исходной концентрации бактериофага и вносили в пробирку с 9,0 мл 0,85%-ного раствора хлорида натрия (рН 7,0) или фосфатного буфера (рН 7,0), чтобы получить исходное разведение в 10 раз, т. е. первое десятикратное разведение. Далее готовили ряд пробирок с 4,5 мл мясопептонного бульона (МПБ) и приготавливали дальнейшие десятикратные разведения. Для этого в расставленные в штативе бактериологические пробирки (№ 2-9) вносили по 4,5 мл стерильного МПБ. Из 1-го разведения стерильной пипеткой объемом 1 мл с неповрежденным концом переносили 0,5 мл первого десятикратного разведения бактериофага в пробирку № 2, содержащую, как и весь ряд, 4,5 мл МПБ. При этом кончик пипетки прислоняли к внутренней стенке пробирки, не касаясь содержащейся в ней жидкости. После этого пипетку сбрасывали, брали другую такую же пипетку и перемешивали разведение в пробирке № 2 путем

пипетирования не менее 5 раз. После перемешивания этой же пипеткой переносили 0,5 мл в следующую пробирку, соблюдая те же правила. Из приготовленных разведений отбирали 0,5 мл бактериофага и вносили в 4,5 мл расплавленного и остуженного до 45 °С полужидкого 0,5%-ного агара, перемешивали, затем вносили 0,1 мл 10 млрд взвеси суточной бульонной культуры клебсиелл и выливали вторым слоем на заранее подготовленные чашки с 1,5%-ным мясопептонным агаром (первый слой). Инкубировали в термостате в течение суток, учитывали на каждой чашке количество негативных (фаговых) колоний и рассчитывали исходный титр используемого бактериофага.

Опыты с облучением. Первоначально в ряд полистероловых виал вносили по 0,5 мл фага, содержащего 10<sup>8</sup> фаговых частиц в 1 мл. Предварительно верхнюю часть виалы с крышечкой срезали и вставляли в апертуру лазерного аппарата. Окончательные размеры срезанной виалы: диаметр – 5 мм, длина – 44 мм, вместимость – 0,5 мл. Мощность излучения – 0,15 Вт, время экспозиции – 5, 10, 15 и 30 мин (дозы – 225, 450, 675 и 1350 Дж/см<sup>2</sup> соответственно). Объем пробы – 0,5 мл в физиологическом растворе NaCl. Расстояние облучения стандартное, так как фиксировано срезом виалы, и равно 44 мм. Затем каждые 3 виалы для получения статистически достоверных значений поочередно облучали лазером с длиной волны 1270 нм. Первые три виалы облучали 5 мин, вторые три – 10 мин, третьи – 15 мин. Следует отметить, что температура суспензии в процессе облучения не превышала 40-42 °C, т. е. не отражалась на количестве жизнеспособных фаговых частиц. Три отдельные виалы с фагом служили контролем без облучения. Затем из каждой виалы отсасывали автоматической пипеткой со съемными наконечниками 0,25 мл содержимого и готовили ряд десятикратных разведений фага (10<sup>1</sup>–10<sup>9</sup>). Разведения готовили в бактериологических пробирках с МПБ в соотношении 1:10 (0,25 мл облученной взвести бактериофага + 2,25 мл бульона). Затем 1,0 мл каждого разведения фага смешивали с 4,5 мл полужидкого 0,7%-ного МПА, остуженного до температуры 45 °C, и 0,1 мл бульонной суточной тест-культуры *К. pneumoniae* 296. Содержимое пробирок перемешивали и выливали вторым слоем на чашки с 1,5%-ным МПА. Чашки инкубировали при 37 °C в течение ночи и учитывали количество негативных колоний.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Количество жизнеспособных фаговых частиц в исходном растворе клебсиеллезного бактериофага составило 5×10<sup>8</sup>. Облучение фага лазерным излучением длиной волны 1270 нм привело к снижению количества жизнеспособных фаговых частиц до 10<sup>5</sup>. Результаты представлены в таблице.

Результаты практически не зависели от времени облучения, т. е. титры фага были в равной мере снижены при воздействии лазерного излучения как в течение 5, 10 и 15 мин. Аналогичный эффект, по-видимому, можно наблюдать и в отношении патогенных для человека вирусов.

# ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Облучение клебсиеллезного бактериофага лазерным излучением длиной волны 1270 нм приводит к снижению количества жизнеспособных фаговых частиц на 3 порядка логарифма (исходный титр — 108, после обработки — 105 негативных фаговых колоний), что говорит об их повреждении. Механизмы повреждения фаговых частиц нуждаются в дальнейшем изучении с целью выяснения возможности применения излучения с этими длинами волн в медицинской практике, однако, основываясь на имеющихся данных, можно предполагать и возможность конформационного изменения белковых структур вирионов бактериофага.

Таблица

# Снижение численности фаговых вирионов при воздействии лазерного излучения 1270 нм

Table

## Decrease in the number of phage virions under laser light irradiation with wavelength 1270 nm

Время воздействия лазера Laser exposure time	Количество негативных колоний бактериофага, определенных в разведениях Number of negative colonies of bacteriophage, in definite dilutions					
	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10⁵	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
5 мин 5 min	109 ± 18	10 ± 3	1	0	0	0
10 мин 10 min	98 ± 16	8 ± 2	0	0	0	0
15 мин 15 min	76 ± 12	5 ± 1	0	0	0	0
Необлученный (исходный) Unirradiated (initial)	сл cl	псл pl	740 ± 19	60 ± 9	9 ± 2	1

Примечание. сл – сливной лизис (более 10 000 фаговых частиц); псл – полусливной лизис (более 3000 фаговых частиц).

Note. cl – confluent lysis (more than 10,000 phage particles); pl – incomplete lysis (more than 3,000 phage particles).

## **ЛИТЕРАТУРА**

- Blázquez-Castro A. Direct <sup>1</sup>O<sub>2</sub> optical excitation: A tool for redox biology. Redox Biol. 2017; 13: 39–59. doi: 10.1016/j.redox.2017.05.011
- 2. Алексеев Ю.В., Бархина Т.Г., Иванов А.В. и др. Воздействие фотодинамического и светокислородного эффектов на ультраструктуру различных популяций лейкоцитов. Лазерная медицина. 2018; 22 (2): 29–35.
- 3. Амбарцумян Р.В., Елисеев П.Г., Еремеев Б.В. и др. Биологическое действие лазерного излучения на эритроциты в инфракрасной полосе поглощения молекулярного кислорода. Краткие сообщения по физике. 1987; 10: 35–37.
- Данилов В.П., Захаров С.Д., Иванов А.В. и др. Фотодинамическое повреждение клеток в красной и ИК полосах поглощения эндогенного кислорода. Доклады АН СССР. 1990; 311 (5): 1255–1258.
- Захаров С.Д., Иванов А.В. Светокислородный эффект в клетках и перспективы его применения в терапии опухолей. Квантовая электроника. 1999; 29 (3): 192–214.
- 6. Корабоев У.М., Толстых М.П., Дуванский В.А., Усманов Д.Н. Изучение антибактериальной активности фотодинамической терапии в эксперименте. Лазерная медицина. 2001; 5(2): 27–29.
- 7. Дуванский В.А., Попова Е.А. Первый опыт применения фотодинамической терапии в комплексном лечении дуоденальных язв. Лазерная медицина. 2004; 8 (3): 217.
- Фиалкина С.В., Алексеев Ю.В., Коновалова Г.Н. и др. Подавление жизнеспособности клеток стафилококков лазерным лучом 1270 нм. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2012; 5: 70–73.
- 9. Krasnovsky A.A. Jr., Roumbal Ya.V., Ivanov A.V., Ambartzumian R.V. Solvent dependence of the steady-state rate of <sup>1</sup>O<sub>2</sub> generation upon excitation of dissolved oxygen by cw 1267 nm laser radiation in air-saturated solutions: Estimates of the absorbance and molar absorption coefficients of oxygen at the excitation wavelength. *Chemical Physics Letters*. 2006; 430: 260–264.
- Машалов А.А., Балакирев С.А., Иванов А.В. и др. Светокислородная лазерная терапия в профилактике и лечении лучевых реакций и осложнений у онкологических больных. Лазерная медицина. 2013; 17 (1): 10–14.
- 11. Алексеев Ю.В., Иванов А.В., Миславский О.В. и др. Воздействие лазерного излучения с длиной волны 1270 нм на кожу и ткани внутренних органов экспериментальных животных. Медицинская физика. 2012; 1 (53): 40–46.
- Алексеев Ю.В., Иванов А.В., Миславский О.В. и др. Исследование воздействия лазерного излучения 1270 нм на нормальные и опухолевые ткани экспериментальных животных. Лазеры в науке, технике, медицине. Сборник научных трудов. 2012; 23: 76–79.
- Бондаренко В.М., Алексеев Ю.В., Миславский О.В., Пономарев Г.В. Перспективы применения динатриевой соли 2,4-ди(1-метоксиэтил)-дейтеропорфирина-IX («димегина») для фотодинамической терапии неонкологических заболеваний. Биомедицинская химия. 2014; 60 (3): 338–347.
- Zakharov S.D., Ivanov A.V. Light-oxygen effect as a physical mechanism for activation of biosystems by quasi-monochromatic light (a review). *Biophysics*. 2005; 50 (Suppl. 1): S64–S85.
- 15. *Park YK, Park CH.* Clinical efficacy of photodynamic therapy. *Obstet Gynecol Sci.* 2016; 59 (6): 479–488.

 Рябов М.В., Михалева Л.В., Странадко Е.Ф. и др. Перспективы клинического применения фотодинамической терапии для лечения заболеваний шейки матки. Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2020; 19 (6): 34–40. DOI: 10.20953/1726-1678-2020-6-34-40

## REFERENCES

- Blázquez-Castro A. Direct ¹O₂ optical excitation: A tool for redox biology. Redox Biol. 2017; 13: 39–59. doi: 10.1016/j.redox.2017.05.011
- Alekseev Yu.V., Barkhina T.G., Ivanov A.V., et al. Influence of photodynamic and light-oxygen effects on the ultrastructure of various populations of leukocytes. Lazernaya meditsina. 2018; 22 (2): 29–35. [In Russ.].
- 3. Ambartsumyan R.V., Eliseev P.G., Eremeev B.V., et al. Biological effect of laser radiation on erythrocytes in the infrared absorption band of molecular oxygen. Kratkie soobshcheniya po fizike. 1987; 10: 35–37. [In Russ.].
- Danilov V.P., Zakharov S.D., Ivanov A.V., et al. Photodynamic damage to cells in the red and IR absorption bands of endogenous oxygen. *Doklady AN SSSR*. 1990; 311 (5): 1255– 1258. [In Russ.].
- 5. Zakharov S.D., Ivanov A.V. Light-oxygen effect in cells and prospects for its use in tumor therapy. Kvantovaya elektroni-ka. 1999; 29 (3): 192–214. [In Russ.].
- Koraboev U.M., Tolstykh M.P., Duvansky V.A., Usmanov D.N. Study of the antibacterial activity of photodynamic therapy in experiment. Lazernaya meditsina. 2001; 5(2): 27–29. [In Russ.].
- 7. Duvansky V.A., Popova E.A. The first experience of using photodynamic therapy in the complex treatment of duodenal ulcers. Lazernaya meditsina. 2004; 8 (3): 217. [In Russ.].
- 8. Fialkina S.V., Alekseev Yu.V., Konovalova G.N., et al. Suppression of the viability of staphylococcal cells by laser beam 1270 nm. Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii I immunobiologii. 2012; 5: 70–73. [In Russ.].
- Krasnovsky A.A. Jr., Roumbal Ya.V., Ivanov A.V., Ambartzumian R.V. Solvent dependence of the steady-state rate of <sup>1</sup>O<sub>2</sub> generation upon excitation of dissolved oxygen by cw 1267 nm laser radiation in air-saturated solutions: Estimates of the absorbance and molar absorption coefficients of oxygen at the excitation wavelength. *Chemical Physics Letters*. 2006; 430: 260–264.
- Mashalov A.A., Balakirev S.A., Ivanov A.V., et al. Light-oxygen laser therapy in the prevention and treatment of radiation reactions and complications in cancer patients. Lazernaya meditsina. 2013; 17 (1): 10–14. [In Russ.].
- 11. Alekseev Yu.V., Ivanov A.V., Mislavsky O.V., et al. The impact of laser radiation with a wavelength of 1270 nm on the skin and tissues of the internal organs of experimental animals. Meditsinskaya fizika. 2012; 1 (53): 40–46. [In Russ.].
- Alekseev Yu.V., Ivanov A.V., Mislavsky O.V., et al. Study of the effect of 1270 nm laser radiation on normal and tumor tissues of experimental animals. Lazery v nauke, tekhnike, meditsine. Sbornik nauchnykh trudov. 2012; 23: 76–79. [In Russ.].
- Bondarenko V.M., Alekseev Yu.V., Mislavsky O.V., Ponomarev G.V. Prospects for the use of 2,4-di(1-methoxyethyl)-deuteroporphyrin-IX ("dimegin") disodium salt for photodynamic therapy of non-oncological diseases. Biomeditsinskaya khimiya. 2014; 60 (3): 338–347. [In Russ.].

- Zakharov S.D., Ivanov A.V. Light-oxygen effect as a physical mechanism for activation of biosystems by quasi-monochromatic light (a review). *Biophysics*. 2005; 50 (Suppl. 1): S64–S85.
- 15. Park YK, Park CH. Clinical efficacy of photodynamic therapy. Obstet Gynecol Sci. 2016; 59 (6): 479–488.
- Ryabov M.V., Mikhaleva L.V., Stranadko E.F., et al. Prospects for the clinical application of photodynamic therapy for the treatment of diseases of the cervix. Voprosy ginekologii, akusherstva i perinatologii. 2020; 19 (6): 34–40. DOI: 10.20953/1726-1678-2020-6-34-40. [In Russ.].

#### Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе.

### Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect rights of the people who participated in the study, including obtaining the informed consent when it is necessary and rules of treatment of animals when they are used in the study.

#### Информация об авторах

Фиалкина Светлана Владимировна — старший научный сотрудник лаборатории молекулярных основ патогенности, ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: fialkina-fsv@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2613-0578 Алексеев Юрий Витальевич – доктор медицинских наук, руководитель отделения экспериментальной лазерной медицины, ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России»; e-mail: ural377@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4470-1960

Дуванский Владимир Анатольевич – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, руководитель отделения эндоскопической хирургии, ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России»; заведующий кафедрой эндоскопии, эндоскопической и лазерной хирургии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»; e-mail: dvaendo@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5880-2629

Давыдов Евгений Владимирович – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»; старший научный сотрудник, ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России»; ветеринарный врач ветеринарной клиники «PocBet»; e-mail: Dr.davydovev@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0452-2880

#### Information about authors

**Fialkina Svetlana** – Senior Researcher at the Laboratory of Molecular Pathogenesis, Gamaleya Research Centre for Epidemiology and Microbiology, e-mail: fialkina-fsv@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2613-0578

**Alekseev Yuri –** MD, Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Experimental Laser Medicine, Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine; e-mail: ural377@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4470-1960

**Duvansky Vladimir** – MD, Dr. Sc. (Med.), Professor, Deputy-Director, Head of the Department of Endoscopic Surgery, Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine; Head of the Chair of Endoscopy, Endoscopic and Laser Surgery, Russian University of People's Friendship; e-mail: dvaendo@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5880-2629

Davydov Evgeny – MD, Cand. Sc. (Vet.), Associate Professor at the Department of Veterinary Medicine, Moscow State University of Food Production; Senior Researcher, Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine; Veterinarian, Veterinary Center "RosVet"; e-mail: Dr.davydovev@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0452-2880