

Шабалин В.В.<sup>1</sup>, Шатохина С.Н.<sup>2</sup>, Кубатиев А.А.<sup>2</sup>, Шабалин В.Н.<sup>2</sup>

## Структурный отклик сыворотки крови человека на воздействие электромагнитных излучений низкой интенсивности

<sup>1</sup> ФГБНУ Санкт-Петербургский НИИ уха горла носа и речи, 190013, г. Санкт-Петербург, Россия, ул. Бронницкая, д. 9

<sup>2</sup> ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии» 125315, г. Москва, Россия, ул. Балтийская, д. 8

**Цель работы:** исследование характера отклика сыворотки крови больных и здоровых людей на внешнее электромагнитное воздействие. **Методика.** Исследована сыворотка крови 130 пациентов с различными видами патологии и 30 здоровых доноров на внешнее электромагнитное излучение (ЭМИ). Применялось ЭМИ крайне высокой частоты (КВЧ), низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ), а также сочетанного применения двух источников ЭМИ (НИЛИ и КВЧ) на сыворотку крови. Оценка эффекта ЭМИ осуществлялась по структурам твёрдой фазы (фациям) сыворотки крови, получаемым методом клиновидной дегидратации. Метод состоял в нанесении капли сыворотки крови (контроль, опыт) на поверхность стекла тест-карты, которую помещали в сушильный комплекс для дегидратации в стандартных условиях (температура 25°C, относительная влажность 55—60%, экспозиция 18—24 ч). **Результаты.** Установлено 3 типа отклика структуры фаций сыворотки крови больных на воздействие внешнего источника излучения: нормализация структуры, усиление её дезинтеграции и отсутствие эффекта. Показано, что эффект нормализации (гармонизации) структуры фаций сыворотки крови достигался наиболее часто при применении комбинации источников ЭМИ в последовательности: лазер + ЭМИ КВЧ. Сыворотка крови здоровых доноров в подавляющем большинстве не была чувствительна к данным видам ЭМИ. **Заключение.** Высказано предположение, что метод клиновидной дегидратации сыворотки крови при воздействии на неё ЭМИ можно использовать как детектор чувствительности организма к различным слабым электромагнитным излучениям. Это даёт возможность подбора *in vitro* определённых видов источников ЭМИ для обеспечения оптимального терапевтического эффекта.

**Ключевые слова:** твёрдая фаза сыворотки крови, метод клиновидной дегидратации, электромагнитное излучение.

**Для цитирования:** Шабалин В.В., Шатохина С.Н., Кубатиев А.А., Шабалин В.Н. Структурный отклик сыворотки крови человека на воздействие электромагнитных излучений низкой интенсивности. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* 2018; 62(4): 98—103.

DOI:

**Для корреспонденции:** Шатохина Светлана Николаевна, доктор мед. наук, зав. лаб. биокристалломики, e-mail: sv\_n@list.ru

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 05.10.2018

Shabalin V.V.<sup>1</sup>, Shatokhina S.N.<sup>2</sup>, Kubatiev A.A.<sup>2</sup>, Shabalin V.N.<sup>2</sup>

## Structural response of human blood serum to low intensity electromagnetic radiation

<sup>1</sup> St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Bronnitskaya Str. 9, St. Petersburg 190013, Russia

<sup>2</sup> Institute of General Pathology and Pathophysiology, Baltiyskaya Str. 8. Moscow 125315, Russia

The study of blood serum (BS) response to external electromagnetic radiation (EMR) was performed in 130 patients with different types of pathology and 30 healthy donors. **Aim.** To study the response of BS solid phase structure to external electromagnetic effects in patients and healthy subjects. **Method.** Effects of extremely high frequency (EHF) EMR, low-intensity laser radiation (LILR), and a combination of two EMR sources (LILR and EHF) on BS were studied. EMR effects were evaluated on BS solid phase structures (facies) obtained by the method of cuneiform dehydration. The method consisted of applying a drop of BS (control, experiment) on the surface of a glass test card, which was placed in a dryer for dehydration under the standard conditions (temperature, 25°C; relative humidity, 55—60%; exposure time, 18—24 h). **Results.** Three types of facies structure response to the effect of external radiation were observed in BS patients: normalization of the structure, strengthening of its disintegration, and lack of effect. The effect of BS facies structure normalization (harmonization) was achieved most frequently with a combination of EMR sources in a sequence of LILR + EMR. The vast majority of healthy donors were not sensitive to these types of EMR. **Conclusion.** We suggested that the method of BS cuneiform dehydration under the action of

EMR can be used for detection of body sensitivity to various kinds of weak electromagnetic radiation. This allows to select *in vitro* certain types of EMR sources to ensure an optimal therapeutic effect.

**Keywords:** solid phase of blood serum, method of cuneiform dehydration, electromagnetic radiation.

**For citation:** Shabalina V.V., Shatokhina S.N., Kubatiev A.A., Shabalina V.N. Structural response of human blood serum to the influence of electromagnetic radiation of low intensity. *Patologicheskaya Fiziologiya i Eksperimental'naya terapiya. (Pathological Physiology and Experimental Therapy, Russian Journal)*. 2018; 62 (4): 98—103. (in Russian).

**DOI:**

**For correspondence:** Shatokhina S.N., Dr. med. Sciences, head. lab. biocrystalloid, «Federal State Budgetary Scientific Institution «Institute of General Pathology and Pathophysiology»; 8 Baltiyskaya Str., Moscow 125315, Russia, e-mail: sv\_n@list.ru

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

#### Information about authors:

Shatokhina S.N., <http://orcid.org/0000-0001-9441-4383>

Shabalina V.N., <http://orcid.org/0000-0001-8002-2362>

Received 05.10.2018

## Введение

С момента зарождения жизнь на нашей планете находится под воздействием естественного электромагнитного фона. Однако в течение последних десятилетий человек создал искусственное электромагнитное поле, которое уже существенно превышает уровень природной радиации, и его активность продолжает увеличиваться нарастающими темпами. Вместе с тем вопрос о том, как электромагнитное поле влияет на организм человека, являющегося также источником электромагнитного излучения, во многом остаётся неясным [1 — 3].

Поиски связей между долгосрочным радиочастотным воздействием при использовании мобильных телефонов и опухолями головного мозга не дали никаких убедительных результатов. В ряде работ было изучено влияние электромагнитных полей на электрическую активность мозга, когнитивные функции, сон, сердечный ритм и кровяное давление [4, 5]. Однако на сегодняшний день нет убедительных доказательств неблагоприятного воздействия на здоровье человека неионизирующей радиации. В частности, данные, характеризующие степень канцерогенной опасности электромагнитных излучений нередко противоречивы и не позволяют однозначно ответить на вопрос о возможной роли этого фактора в онкопатологии.

Исследования, проведенные на животных, также не показали повышенного риска развития рака при долгосрочных воздействиях электромагнитных полей. Нужны дальнейшие комплексные исследования, чтобы внести ясность в рассматриваемую проблему [6].

В настоящее время в медицине наиболее часто применяют низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). Известно, что позитивное, стимулирующее действие НИЛИ проявляется, как правило, в узком интервале доз облучения, а затем исчезает или

даже сменяется угнетающим действием [7, 8]. Становится очевидной необходимость в существенном углублении сведений о действии электромагнитного излучения (ЭМИ) на живые организмы.

Структура неклоточных тканей организма — биологических жидкостей (БЖ) обусловлена слабыми связями и высокочувствительна к внешним воздействиям. Волны внешнего источника, имеющие определенные параметры, оказывают либо синхронизирующее, либо десинхронизирующее влияние на внутримолекулярные и межмолекулярные взаимоотношения компонентов БЖ [9]. Положительный эффект связан с гармонизацией этих взаимоотношений, что обеспечивает успешность применения волновых средств (КВЧ, ультрафиолетовое, лазерное излучение, мягкое рентгеновское излучение, вихревые токи и др.) при физиотерапевтических воздействиях на организм больного.

Терапевтические эффекты различных электромагнитных полей (ЭМП) определяются, прежде всего, их частотой и интенсивностью. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования выявили «диэлектрическое насыщение» в растворах белков и других макромолекул под действием непрерывных и импульсных ЭМП высоких и ультравысоких частот (100 МГц). Под действием таких полей все поляризованные боковые цепи макромолекул ориентируются в направлении электрических силовых линий, что может привести к разрыву водородных и других вторичных внутри- и межмолекулярных связей и изменению степени гидратации молекул [10].

Виды воздействия ЭМП на человека и другие биологические объекты могут быть самыми разнообразными: непрерывное и прерывистое, общее и локальное, комбинированное от нескольких источников и пр. На биологическую реакцию влияют также такие

параметры ЭМП, как интенсивность поля, частота излучения, продолжительность облучения, модуляция сигнала, сочетание частот ЭМП, периодичность действия и др. Различные сочетания действующих параметров вызывают специфические изменения в тканях облучаемого биологического объекта [1, 11]. Однако объективная оценка таких воздействий на уровне молекулярных изменений, происходящих в высокоподвижных БЖ — далеко не тривиальная задача и её нельзя считать решенной.

*Цель исследования* — определение характера отклика сыворотки крови (СК) пациентов с различными видами патологии на внешнее электромагнитное воздействие.

### Методика

При исследовании применялось воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ): крайне высокой частоты (КВЧ), низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ), а также сочетанного применения 2 источников ЭМИ (НИЛИ и КВЧ) на СК. Для этого были использованы российские установки: лазерные медицинские (УЛМ) «Оптика-комплекс» (ФНПЦ «Прибор») и «КВЧ-М-1И-МТА» (ООО «Апмкот», ЗАО «МТА-КВЧ», Москва).

Материалом для исследования являлась СК 130 пациентов с различными заболеваниями. Контролем служила СК 30 здоровых доноров. Исследование выполнено в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964, 2004) и письменного добровольного информированного согласия всех пациентов. Работа одобрена этической комиссией института.

Кровь для исследования брали из локтевой вены в сухую пробирку в количестве 8—10 мл. Сыворотку крови получали после образования сгустка и центрифугирования в течение 10 мин при 1500 g. Полученную СК разливали по 1,0 мл в пробирки Эппендорфа и, в одинаково равных условиях, оказывали на неё воздействие соответствующим ЭМИ. 1-ю пробирку облучали НИЛИ с длиной волны  $\lambda = 0,89$  мкм, частотой  $\gamma = 150$  Гц, мощностью в импульсе  $P_{\text{имп}} = 4$  Вт, время экспозиции 10 мин; 2-ю пробирку облучали ЭМИ КВЧ с длиной волны  $\lambda = 5,6$  мм, модуляцией 16 Гц, частотой  $\gamma = 52,58$  ГГц, плотностью тока мощности на выходе —  $8$  мВт/см<sup>2</sup>, время экспозиции 20 мин; 3-ю пробирку последовательно облучали ЭМИ КВЧ, а затем НИЛИ, а 4-ю — в обратном порядке (НИЛИ затем ЭМИ КВЧ) с перерывом между облучениями 10 мин (параметры облучения были теми же, что и для 1-й и 2-й пробирок).

С целью объективной оценки эффекта указанных ЭМИ использован метод клиновидной дегидратации

БЖ [12]. Метод клиновидной дегидратации осуществлялся следующим образом: полуавтоматическим дозатором наносили СК по 0,02 мл в окошки тест-карты (ТК-4) диагностического набора «Литос-система» (Регистрационное удостоверение № ФСР 2008/02488 от 29.04.2008), тест-карту помещали в сушильный комплекс с заданной температурой (25°C) и относительной влажностью (55—60%) для дегидратации в стандартных условиях. Из каждого образца СК готовили два препарата — до воздействия источника излучения (контроль) и непосредственно после воздействия. В результате дегидратации формировалась сухая плёнка (фация) со структурой, специфичной для каждого образца СК. Через 18—24 ч дегидратации проводили сравнительный анализ структуры фаций СК до и после воздействия ЭМИ с помощью стереомикроскопа MZ12 фирмы «Leica». Все образцы фаций СК фиксировались видеокамерой «EVS color VEC-335» в цифровом варианте в компьютере.

### Результаты и обсуждение

Исследование фаций СК 30 здоровых доноров показало гармоничное строение их структуры, что соответствовало физиологическому состоянию представителей контрольной группы. Структура фаций 130 пациентов основной группы имела различные патологические отклонения. На рис. 1 в качестве образцов показаны две фации СК: здорового донора с гармоничным структуропостроением и фация больного — с нарушенной симметрией расположения структурных элементов, названия которых были заимствованы из общей геологии: трещины, сектора, конкреции (округлые бесцветные образования) [13].

Сравнительный анализ структуры фаций СК до и после облучения показал, что СК больных людей давала три типа отчетливого отклика структур фаций на воздействие внешнего источника излучения (таблица). К первому типу отклика, составившему большинство случаев, отнесли нормализацию (гармонизацию) структуропостроения фации СК, ко второму — усиление дезинтеграции (при патологии) или её появление у здоровых доноров, к третьему типу отклика отнесли отсутствие структурных изменений в фациях СК после облучения.

Данные таблицы показывают частоту определённого типа отклика структур фаций СК на воздействие разных видов ЭМИ. Так, облучение образцов СК НИЛИ и ЭМИ КВЧ в большинстве случаев (около 60%) не вызывали изменений структуры фаций, а в 32,3% и 28,5% (соответственно) приводили к различной степени её нормализации. Сочетанное облучение в последовательности ЭМИ КВЧ +

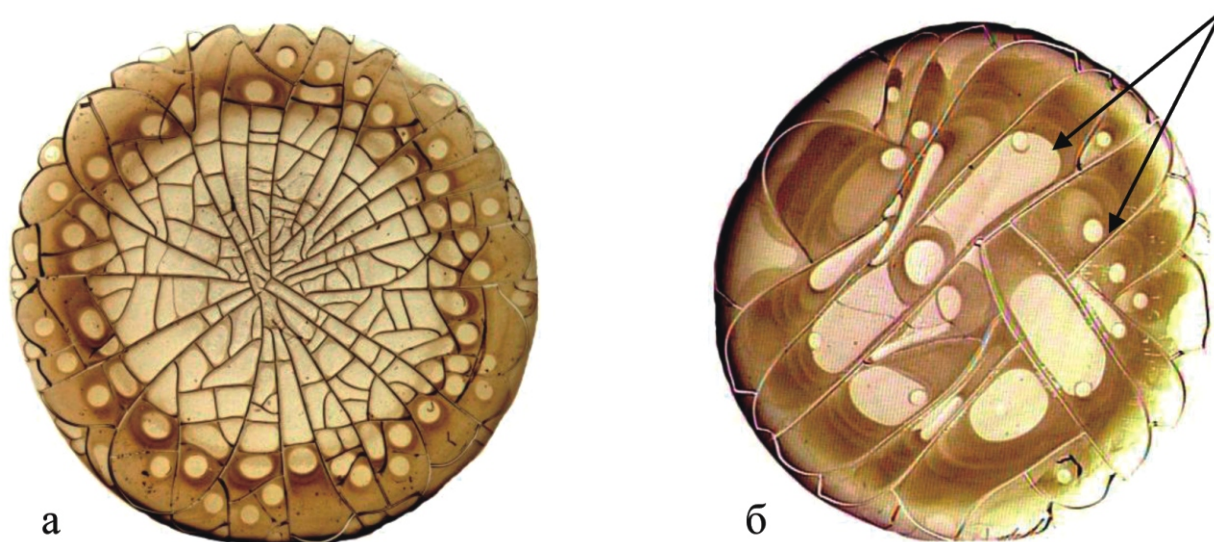


Рис. 1. Фации сыворотки крови: а – здорового человека с гармоничным структуропостроением (радиальная симметрия трещин и секторов, сформированность конкреций); б – больного с нарушенным структуропостроением (утрачена радиальность трещин и секторов, конкреции разного диаметра и формы – стрелки). Ув. 15.

НИЛИ в значительной части образцов СК (26,2%) дало усиление дезинтеграции структуры фаций и только у 16,1% выявлен нормализующий эффект. В то время как сочетанное облучение СК в последовательности НИЛИ + ЭМИ КВЧ приводило структуру 85,3% фаций СК к нормализации, а усиление дезинтеграции наблюдалось лишь в 1,5%.

Для иллюстрации данных таблицы приводим пример динамики структуры фаций СК больной Г. (рис. 2).

По сравнению с исходной фацией СК (рис. 2 а), структура фации после воздействия на СК НИЛИ имела лишь слабую тенденцию к нормализации (рис. 2 б), при воздействии ЭМИ КВЧ структура фации практически не изменялась (рис. 2 в), воздействие в последовательности ЭМИ КВЧ + НИЛИ давало сдвиг структуры фации в сторону усиления дезинтеграции (рис. 2 г), а последовательность НИЛИ + ЭМИ КВЧ вызывала отчётливую нормализацию структуры фации (рис. 2 д).

Мы предполагаем, что применённые волновые параметры НИЛИ определяют его преимущественное действие на внутримолекулярные связи, в то время как ЭМИ КВЧ, главным образом, действует на межмолекулярные взаимодействия. В результате, последовательная коррекция внутримолекулярных структур (действие НИЛИ), а затем межмолекулярных связей (ЭМИ КВЧ) даёт наиболее значимый нормализующий эффект на структуру СК.

Была также показана высокая устойчивость структуры СК здоровых доноров к воздействию испытанных нами видов ЭМИ и их сочетаний: у 90—97% представителей этой группы изменений в структуре фаций после облучения образцов СК не выявлено (таблица).

Результаты исследований показали следующее:

1) метод клиновидной дегидратации может быть использован для оценки эффектов воздействия ЭМИ на биообъекты;

Таблица

Типы отклика структур фаций сыворотки крови на воздействие разных видов ЭМИ

Пациенты	Тип отклика	Вид лучевого воздействия			
		НИЛИ, n (%)	ЭМИ КВЧ, n (%)	ЭМИ КВЧ + НИЛИ, n (%)	НИЛИ + ЭМИ КВЧ, n (%)
Больные (n = 130)	Нормализация (2)	42 ± 5 (32,3%)	37 ± 6 (28,5%)	21 ± 3,3 (16,1%)	111 ± 18,3 (85,3%)
	Усиление дезинтеграции (2)	9 ± 2 (6,9%)	16 ± 2 (12,3%)	34 ± 6,7 (26,2%)	2 ± 0,4 (1,5%)
	Отсутствие эффекта (3)	79 ± 12 (60,8%)	77 ± 13,4 (59,2%)	75 ± 14 (57,7%)	17 ± 3,1 (13,0%)
Здоровые (n = 30)	Дезинтеграция (слабо выраженная) (1)	2 ± 0,3 (6,7%)	1 ± 0,1 (3,3%)	3 ± 0,1 (10,0%)	1 ± 0,4 (3,3%)
	Отсутствие эффекта (3)	28 ± 5 (93,3%)	29 ± 4,5 (96,7%)	27 ± 3,9 (90,0%)	29 ± 6 (96,7%)

Примечание. Относительно НИЛИ + ЭМИ КВЧ: (1) –  $p < 0,05$ ; (2) –  $p < 0,01$ ; (3) –  $p < 0,001$

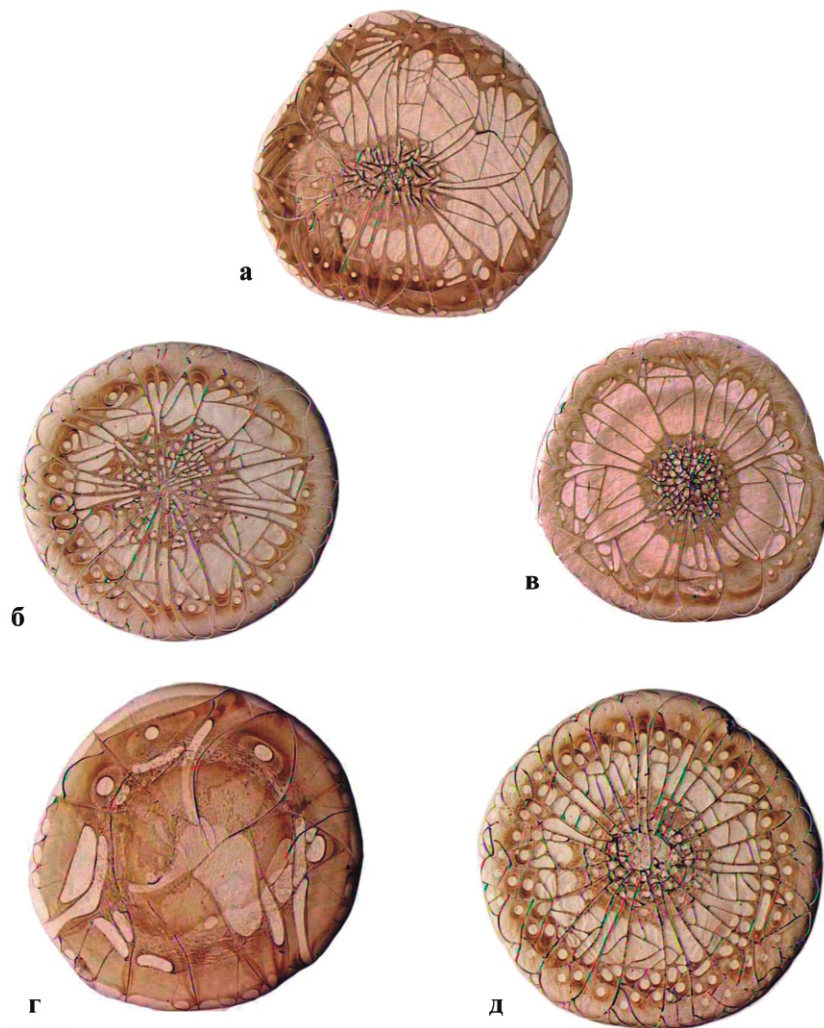


Рис. 2. Фации сыворотки крови больной Г. (65 лет) до и после воздействия на СК различными видами излучения: а — до воздействия, б — после НИЛИ, в — после ЭМИ КВЧ, г — после ЭМИ КВЧ + НИЛИ; д — после НИЛИ + ЭМИ КВЧ. Ув. 15

2) воздействие ЭМИ на СК больных влечет за собой различные изменения в структуропостроении фации, эти изменения зависят как от вида ЭМИ, так и от состояния организма;

3) патологическое состояние организма снижает устойчивость структуры СК к воздействию ЭМИ по сравнению со здоровыми людьми.

По-видимому, внешние волновые низкоинтенсивные энергетические потоки (ЭМИ КВЧ, НИЛИ) действуют на базисные (молекулярного уровня) структуры тканей пациентов с различными видами патологии и вызывают их разнонаправленные изменения: нормализацию или усиление патологических отклонений. Вместе с тем, СК значительной части больных и подавляющего числа здоровых людей остаётся нечувствительной к применённым нами видам ЭМИ.

### Заключение

Представленные данные позволяют прийти к выводу о том, что анализ морфологических структур СК, полученных с помощью метода клиновидной дегидратации, является объективным способом оценки характера действия определённых ЭМИ на биологические ткани. Предположительно, такой способ регистрации структурных изменений СК можно использовать в качестве детектора чувствительности организма к различным воздействиям ЭМИ *in vitro*, что даёт возможность подбора оптимальных программ для обеспечения терапевтического эффекта различными источниками ЭМИ.

### Литература (п.п. 2—5 см. References)

1. Чейда А.А., Каплан М.А., Ефимова Е.Г., Холодов Ю.А. Влияние низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения на модели биологических систем. Иваново — Обнинск — Москва; 2002.
6. Давыдов Б.И., Зувев В.Г., Обухова С.Б. Электромагнитные поля: возможен ли канцерогенный риск? *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2003; 37 (2): 16-9.
7. Владимиров Ю.А., Осипов А.Н., Клебанов Г.И. Фотобиологические принципы применения лазерного излучения. *Биохимия*. 2004; (1): 81-103.
8. Кожура В.Л., Кирсанова А.К., Новодержкина И.С. Патофизиологические механизмы лазерной коррекции при критических состояниях. *Общая реаниматология*. 2006; (2): 5-6.
9. Кравченко-Бережная Н.Р., Мороз В.В., Кожура В.Л. Коррекция лазерным излучением нарушений транспортной способности альбумина. *Анестезиология и Реаниматология*. 2002; (6): 22-5.
10. Бузоверя М.Э., Щербак Ю.П., Шилипор И.В. Экспериментальное исследование микроструктур фаций сывороточного альбумина. *Журнал технической физики*. 2012; 82 (9): 87-93.
11. Москвин С.В., Наседкин А.Н., Осин А.Я., Хан М.А. Лазерная терапия в педиатрии. Москва; 2009.
12. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Морфология биологических жидкостей человека. Москва; 2001.
13. Паффенгольц К. Н. (отв. ред.). Геологический словарь: М.; Недра, 1978. Т. 1: 351

### References

1. Chejda A.A., Kaplan M.A., Efimova E.G., Holodov Yu.A. Effect of low-intensity infrared laser radiation on biological system models. [*Vliyaniye nizkointensivnogo infrakrasnogo lazernogo izlucheniya na modeli biologicheskix sistem*]. Ivanovo — Obninsk — Moscow; 2002. (in Russian)

2. Gandhi O.P. Electromagnetic fields: human safety issues. *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 2002; 4: 2111.
3. Wang Q., Cao Z. J., Bai X.T. Effect of 900 Mhz electromagnetic fields on energy metabolism in postnatal rat cerebral cortical neurons. *Wei Sheng Yan Jiu*. 2005; 34(3): 155-8.
4. D'Adrea J.A., Adair E.R., de Lorge J.O. Behavioral and cognitive effects of microwave exposure. *Bioelectromagnetics*. 2003; Suppl. 6: 39-62.
5. Jauchem J.R. The role of autacoids and the autonomic nervous system in cardio vascular responses to radio-frequency energy heating. *Auton Autacoid Pharmacol*. 2006; 26: 121-40.
6. Davydov B.I., Zuev V.G., Obuhova S.B. Electromagnetic fields: is carcinogenic risk possible? *Aerospace and environmental medicine*. 2003; 37 (2): 16-9. (in Russian)
7. Vladimirov Yu.A., Osipov A.N., Klebanov G.I. Photobiological principles of laser radiation application. *Biokhimiya*. 2004; (1): 81- 103. (in Russian)
8. Kozhura V.L., Kirsanova A.K., Novoderzhkina I.S. Pathophysiological mechanisms of laser correction in critical conditions. *Obshchaya reanimatologiya*. 2006; (2): 5-6. (in Russian)
9. Kravchenko-Berezhnaya N.R., Moroz V.V., Kozhura V.L. Correction by laser radiation, disruption of transport capacity of albumin. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2002; (6): 22-5. (in Russian)
10. Buzoverya M.Eh., Shcherbak Yu.P., Shilipor I.V. Experimental study of serum albumin facies microstructures. *Journal of technical physics*. 2012; 82(9): 87-93. (in Russian)
11. Moskvina S.V., Nasedkin A.N., Osin A.YA., Han M.A. Laser therapy in Pediatrics. [*Lazernaya terapiya v pediatrii*]. Moscow; 2009. (in Russian)
12. Shabalin V.N., Shatokhina S.N. Morphology of human biological fluids. [*Morfologiya biologicheskix zhidkostey cheloveka*]. Moscow; 2001. (in Russian)
13. Paffengol'c K.N. Geological dictionary. [*Geologicheskij slovar'*]. Moscow; 1978. (in Russian)

### Сведения об авторах:

**Шабалин Владимир Владимирович**, ст. науч. сотр. отд-ния высокотехнологичных методов лечения ФГБНУ «Санкт-Петербургский НИИ уха горла носа и речи», канд. биол. наук;

**Шатохина Светлана Николаевна**, зав. лаб. биокристалломики ФГБНУ НИИОПП, доктор мед. наук, проф., e-mail: sv\_n@list.ru;

**Кубатиев Аслан Амирханович**, науч. руководитель ФГБНУ НИИОПП, доктор мед. наук, проф., акад. РАН;

**Шабалин Владимир Николаевич**, гл. науч. сотр. лаб. биокристалломики ФГБНУ НИИОПП доктор мед. наук, проф., акад. РАН.