

УДК 576(045)

DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-4-393-399

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ ДОЗ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭРИТРОЦИТЫ КРОВИ БЕЛЫХ КРЫС

Н. А. Дуденкова, О. С. Шубина

*Мордовский государственный педагогический университет им. М. Е. Евсевьева,
г. Саранск, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. Ультрафиолетовое излучение – это не воспринимаемая глазом область электромагнитного излучения, занимающая средний диапазон между видимым и рентгеновским излучениями. Учеными и медиками было доказано, что ультрафиолетовое облучение в умеренных дозах достаточно положительно воздействует на организм человека и животных, а также на их здоровье. Однако до сих пор не выяснено, как само ультрафиолетовое излучение влияет на отдельные структурные компоненты крови и, в частности, на эритроциты. Не выяснено при каких дозах ультрафиолетового излучения происходят необратимые изменения данных структурных компонентов крови. **Цель исследования:** изучение влияния разных доз ультрафиолетового излучения на эритроциты крови белых крыс. **Материалы и методы.** Материалом исследования служила кровь животных, забранная из аорты сердца шприцом с антикоагулянтом гепарином (30 IU/мл крови). Изучалось влияние ультрафиолетового излучения на эритроциты крови белых крыс на разное по продолжительности воздействия время (180 с, 480 с и 600 с). Помимо изучения морфологической характеристики эритроцитов до и после проведения эксперимента, проводилось и морфологическое измерение диаметра самих клеток. Нами также изучалось изменение концентрации эритроцитов в крови подопытных животных с помощью автоматического счетчика клеток Countess™ (Invitrogen, США). **Результаты исследования и их обсуждение.** Непродолжительное по времени воздействие ультрафиолетового излучения приводит к незначительным изменениям в морфометрических показателях эритроцитов, а также концентрации в 1 мл крови, что, возможно, является ответной защитной реакцией организма на внешнее воздействие. Более продолжительное воздействие длинноволнового ультрафиолетового облучения негативно влияет на эритроциты крови, что в дальнейшем может привести к неблагоприятным последствиям во всем организме, так как кровь протекает по всем органам и тканям организма. Увеличение концентрации эритроцитов в 1 мл крови и их размеров может вызвать сгустки и закупорки в мельчайших сосудах, и что в дальнейшем может привести к их повреждению и разрыву.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, кровь, эритроциты, кровеносная система, белые крысы

Благодарности. Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет им. М. Е. Евсевьева») по теме «Обоснование применения трансплантата на основе амниотической оболочки с использованием модели ультрафиолетовой эритемы» (руководитель – Дуденкова Н. А., доцент кафедры биологии, географии и методик обучения).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Дуденкова Н. А., Шубина О. С. Изучение влияния разных доз ультрафиолетового излучения на эритроциты крови белых крыс // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 4. С. 393–399. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-4-393-399>

STUDY OF THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE RED BLOOD CELLS OF WHITE RATS

N. A. Dudenkova, O. S. Shubina

Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evseviev, Saransk, Russian Federation

Abstract. Introduction. Ultraviolet radiation is an area of electromagnetic radiation that is not perceived by the eye, occupying the middle range between visible and X-ray radiation. Scientists and doctors have proven that UV radiation in moderate doses has a fairly positive effect on the human and animal body, as well as on their

health. However, it has not yet been clarified how the ultraviolet radiation itself affects individual structural components of the blood, and, in particular, red blood cells. It is not clear at what doses of ultraviolet radiation irreversible changes in these structural components of blood occur. **The purpose of the research** is to study the effect of different doses of ultraviolet radiation on the blood erythrocytes of white rats. **Materials and methods.** The material of the study was the blood of animals taken from the aorta of the heart with a syringe with the anticoagulant heparin (30 IU/ml of blood). The effect of ultraviolet radiation on the blood erythrocytes of white rats was studied for a different duration of exposure time (180 seconds, 480 seconds and 600 seconds). In addition to studying the morphological characteristics of erythrocytes before and after the experiment, a morphological measurement of the diameter of the cells themselves was also carried out. We also studied the change in the concentration of erythrocytes in the blood of experimental animals using an automatic cell counter Countess™ (Invitrogen, USA). **Research results, discussion.** Short-term exposure to ultraviolet radiation leads to minor changes in the morphometric parameters of red blood cells, as well as their concentration of 1 ml of blood, which may be a protective response of the body to external influences. A longer exposure to long-wave ultraviolet radiation negatively affects red blood cells, which in the future can lead to adverse consequences throughout the body as blood flows through all organs and tissues of the body. An increase in the concentration of red blood cells in 1 ml of blood and their size can cause clots and blockages in the smallest vessels, and, in the future, can lead to their damage and rupture.

Keywords: ultraviolet radiation, blood, red blood cells, circulatory system, white rats

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of a grant to conduct research on priority areas of scientific activity of partner universities in network interaction (South Ural State Humanitarian Pedagogical University and Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evseviev) on the topic “Justification of the use of a graft based on an amniotic membrane using the model of ultraviolet erythema” (supervisor – N. A. Dudenkova, Associate Professor of the Department of Biology, Geography and Teaching Methods).

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Dudenkova N. A., Shubina O. S. Study of the effect of different doses of ultraviolet radiation on the red blood cells of white rats. *Vestnik of the Mari State University. Chapter “Agriculture. Economics”*, 2022, vol. 8, no. 4, pp. 393–399. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-4-393-399>

Введение

Ультрафиолетовое излучение – это не воспринимаемая глазом область электромагнитного излучения, занимающая средний диапазон между видимым и рентгеновским излучениями [4].

Учеными и медиками было доказано, что ультрафиолетовое облучение в умеренных дозах достаточно положительно воздействует на организм человека и животных, а также на их здоровье [9].

Ультрафиолетовое излучение может проникать в кожу на достаточно глубокие слои и достигать густой сети поверхностных кровеносных микрососудов [7]. При воздействии ультрафиолетового излучения на кожный покров гладкие мышцы их кровеносных сосудов расслабляются, что ведет к их расширению и ускорению в них кровотока, ведущего к улучшению процесса кровообращения [6].

Но в то же время ультрафиолетовое излучение за счет своего теплового эффекта повышает

температуру крови, протекающей по капиллярам, скорость которой повышается по мере повышения ее температуры [3].

Так как кровь движется по всему организму, и, следовательно, повышение температуры крови может приводить к повышению температуры в тех органах, по которым она протекает и вызывать их различные структурные и функциональные изменения [2; 8].

Однако до сих пор не выяснено, как само ультрафиолетовое излучение влияет на отдельные структурные компоненты крови, и, в частности, на эритроциты [1]. Не выяснено, при каких дозах ультрафиолетового излучения происходят необратимые изменения данных структурных компонентов крови.

Поскольку организм человека схож с организмом млекопитающих животных, то наиболее удобными для проведения нашего эксперимента являлись половозрелые белые крысы.

Целью нашего исследования явилось изучение влияния разных доз ультрафиолетового излучения на эритроциты крови белых крыс.

Материалы и методы

Животных брали, начиная с возраста от 2 месяцев и массой тела от 200 до 250 граммов.

Материалом исследования служила кровь животных, забранная из аорты сердца шприцом с антикоагулянтом гепарином (30 IU/мл крови).

Предмет исследования – эритроциты крови белых крыс, подвергшихся воздействию ультрафиолетового излучения.

В своем эксперименте мы изучали влияние ультрафиолетового излучения на эритроциты крови белых крыс на разное по продолжительности воздействия время (180 с, 480 с и 600 с).

В нашем эксперименте участвовало несколько групп животных.

Первая группа животных – контрольная (20 животных).

Вторая группа животных – белые крысы, подвергшиеся воздействию ультрафиолетового излучения в течение 180 с (3 мин) (20 животных).

Третья группа животных – белые крысы, подвергшиеся воздействию ультрафиолетового излучения в течение 480 с (8 мин) (20 животных).

Четвертая группа животных – белые крысы, подвергшиеся воздействию ультрафиолетового излучения в течение 600 с (10 мин) (20 животных).

Таким образом, в нашем эксперименте были задействованы 4 группы животных: 1 контрольная и 3 – опытные.

Всего в проведенном эксперименте принимали участие 80 белых крыс.

Животные содержались на общем режиме содержания со свободным доступом к пище и воде.

Опытная группа животных подвергалась облучению паховой области бактерицидной ультрафиолетовой лампы (жесткое ультрафиолетовое излучение, ультрафиолетовое излучение типа А, «гамма-лучи» или длинноволновые ультрафиолетовые лучи) в течение 180 с (3 мин), 480 с (8 мин) и 600 с (10 мин) воздействия на расстоянии 25–30 см от облучаемого места.

Облучению подвергалась паховая область тела белых крыс, поскольку она оказалась наиболее удобной для облучения.

Время ультрафиолетового излучения взято именно начиная со 180 с (3 мин), поскольку в ранее проведенных нами экспериментах по ме-

нее продолжительному его воздействию на организм животных каких-либо существенных отличий в каких-либо показателях эритроцитов крови, по сравнению с контрольной группой животных, практически не было обнаружено.

Длину световой волны, исходящей от ультрафиолетовой бактерицидной лампы, измеряли люксметром Digital LX-101, которая составляла приблизительно 1800 лк.

Заблаговременно для безопасного проведения эксперимента белые крысы временно и безопасно усыплялись под воздействием наркоза эфира с хлороформом в соотношении 1:1.

Спустя 24 часа после проведения эксперимента осуществлялось взятие образцов крови подопытных животных хирургическим путем из аорты сердца.

Животных забивали путем декапитации под наркозом эфира с хлороформом в соотношении 1:1 и с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации, и в соответствии с требованиями правил проведения работ с использованием экспериментальных животных.

Для изучения морфологических особенностей строения эритроцитов крови нами готовились временные микропрепараты мазков крови.

Готовые временные микропрепараты исследовались с помощью цифрового микроскопа Axio Imager.M2 (ZEISS, Япония) с программным обеспечением для анализа изображений AxioVision SE64 Rel. 4.8.3 и ZEN 2011 [5].

Помимо изучения морфологической характеристики эритроцитов до и после проведения эксперимента, осуществлялось и морфологическое измерение диаметра самих клеток.

Измерения производили при увеличении об. 100 × ок. 10.

Разрешение полученных изображений – 1300 × 1030 пикселей.

Фотосъемку микропрепаратов производили цифровой камерой, встроенной в цифровой микроскоп AxioCam MRc5 (ZEISS, Япония), с последующей обработкой изображения в компьютерной программе Adobe Photoshop Elements 11.

Нами также изучалось изменение концентрации эритроцитов в крови подопытных животных. Ее определяли с помощью автоматического счетчика клеток Countess™ (Invitrogen, США), увеличение которого составляло 100 × 2,3.

Предварительно на предметном стекле быстро производили слабое разведение крови с физраствором в соотношении 1:1 в смеси с органическим красителем трипановый синий. Получившуюся смесь крови с физраствором и красителя трипановый синий перемещали микропипеткой в концентрации 1 мл по одноразовым блок-стеклам. Таким образом с помощью данного прибора измеряли концентрацию эритроцитов в 1 мл крови у белых крыс.

Статистическая обработка цифровых данных проводилась в компьютерных программах FStat и Excel.

При оценке статистических гипотез принимался уровень значимости $P \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Система крови, так как это внутренняя среда организма, которая участвует в сохранении его гомеостаза, одна из первых откликается на внешние воздействия, к которым относится и воздействие ультрафиолетового излучения.

В ходе проведенных нами исследований у контрольной группы животных было выяснено, что в их крови эритроциты располагаются сво-

бодно в толще плазмы. Они не агрегированы. Имеют двояковогнутую форму (рис. 1А).

После 180 с воздействия ультрафиолетового излучения на мазках в объективе цифрового микроскопа наблюдается более сильная концентрация эритроцитов в крови животных, что, возможно, свидетельствует об усилении резервных функций организма на внешние раздражители. Из этого следует, что не большие по продолжительности дозы ультрафиолетового излучения могут благоприятно воздействовать на организм (рис. 1Б).

После 480 с воздействия ультрафиолетового излучения на микропрепаратах заметно в крови опытных животных наблюдалась большая склонность эритроцитов к образованию агрегатов по типу «монетных столбиков». На мазках отмечается большая густота эритроцитов (рис. 1В).

После 600 с воздействия ультрафиолетового излучения на микропрепаратах крови крыс, помимо сильной густоты эритроцитов, доказывающей увеличение их количества в крови, становится заметно сильное повреждение самой структуры их клеток. Они уже не имеют четко округлой формы (рис. 1Г).

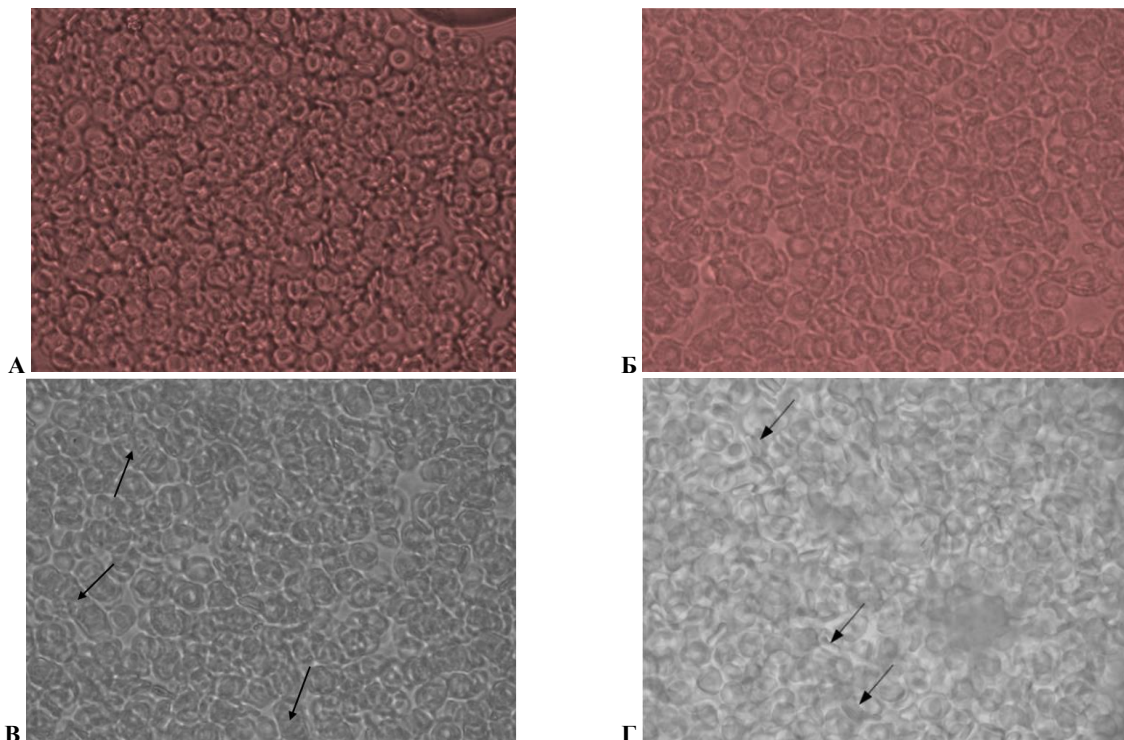


Рис. 1. Эритроциты белых крыс. Мазок. Увеличение об. 100 × ок. 10. Условные обозначения: А – контроль; Б – воздействие УФ 180 с; В – воздействие УФ 480 с; Г – воздействие УФ 600 с. Стрелкой показаны «монетные столбики» из эритроцитов / Fig. 1. Erythrocytes of white rats. Smear. Magnification of 100 × approx. 10. Symbols: A – control; Б – UV exposure 180 sec.; В – UV exposure 480 sec.; Г – UV exposure 600 sec.

The arrow shows the “coin columns” of red blood cells.

В ходе проведенных исследований было выяснено, что после воздействия кратковременного (180 с) длинноволнового ультрафиолетового излучения у подопытных животных, по сравнению с контролем, происходит незначительное увеличение диаметра эритроцитов и их концентрации в 1 мл крови соответственно на 9,17 % ($P \leq 0,05$) и 4,22 % ($P \leq 0,05$).

После 480 с воздействия ультрафиолетового излучения у подопытных животных, по сравнению

с контролем, происходит увеличение диаметра эритроцитов и их концентрации в 1 мл крови соответственно на 21,07 % ($P \leq 0,05$) и 30,98% ($P \leq 0,05$).

После 600 с воздействия ультрафиолетового излучения у подопытных животных, по сравнению с контролем, происходит увеличение диаметра эритроцитов и их концентрации в 1 мл крови соответственно на 29,26 % ($P \leq 0,05$) и 36,38 % ($P \leq 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Влияние ультрафиолетового излучения на эритроциты крови белых крыс /
The effect of ultraviolet radiation on the red blood cells of white rats**

Показатели / Indicator	Контроль / Control	Время воздействия ультрафиолетового излучения / Time of exposure to ultraviolet radiation		
		180 с / 180 sec.	480 с / 480 sec.	600 с / 600 sec.
Диаметр эритроцитов, мкм	19,41 ± 3,77	21,19 ± 2,12 *	23,50 ± 4,38 *	25,09 ± 3,02 *
Общая концентрация эритроцитов в 1 мл крови, $\times 10^7$ /мл	4,26 ± 0,15	4,44 ± 0,27*	5,58* ± 0,13 *	5,81* ± 0,17 *

Примечание. * – достоверно по отношению к контролю $P \leq 0,05$.

Заключение

Таким образом, полученные в ходе морфологического и морфометрического исследования данные позволяют сделать выводы:

1. Непродолжительное по времени воздействие ультрафиолетового излучения приводит к незначительным изменениям в морфометрических показателях эритроцитов, а также концентрации в 1 мл крови, что, возможно, является ответной защитной реакцией организма на внешнее воздействие.

2. Более продолжительное воздействие длинноволнового ультрафиолетового облучения (480 с и 600 с) негативно влияет на эритроциты крови, что в дальнейшем может привести к неблагоприятным последствиям во всем организме, так как кровь протекает по всем органам и тканям организма. Увеличение концентрации эритроцитов в 1 мл крови и их размеров может вызвать сгустки и закупорки в мельчайших сосудах, что в дальнейшем, может привести к их повреждению и разрыву.

1. Артюхов В. Г., Путинцева О. В., Вдовина В. А., Колтаков И. А., Пашков М. В., Василенко Д. В. Уровень экспрессии молекул рецепторного комплекса Т-лимфоцитами крови человека в условиях их УФ-облучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51. № 2. С. 258–263. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16311806&ysclid=I9vsi962fg453628302> (дата обращения: 10.10.2022).

2. Бескровная Е. В., Мосур Е. Ю., Потуданская М. Г. Влияние ультрафиолетового излучения на белки плазмы крови и производные гемоглобина // Вестник Омского университета. 2013. № 4 (70). С. 118–120. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ultrafiolotovogo-izlucheniya-na-belki-plazmy-krovi-i-proizvodnye-gemoglobina?ysclid=I9vsg02cj3401298572> (дата обращения: 10.10.2022).

3. Волошин Н. А., Тополенко Т. А. Морфофункциональные особенности формирования яичек крыс от момента рождения до второго месяца жизни // Украинский морфологический альманах. 2009. Т. 7. № 2. С. 32–34. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20890274> (дата обращения: 10.10.2022).

4. Дугиева Д. А. Ультрафиолетовое излучение // Молодой ученый. 2020. № 5 (295). С. 1–3. URL: <https://moluch.ru/archive/295/67050/> (дата обращения: 03.10.2022).

5. Дуденкова Н. А., Шубина О. С. Морфофункциональные изменения желтого тела в яичниках белых крыс при воздействии ацетата свинца // Инновации в науке. 2014. № 29. С. 20–27. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21125681&ysclid=I9vwlhrj9i372935630> (дата обращения: 07.10.2022).

6. Катюхин Л. Н. Влияние излучения инфракрасного спектра на реологические показатели эритроцитов *in vitro* // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 6–1 (72). С. 84–88. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.72.6.016>

7. Мельникова Н. А., Шубина О. С., Дуденкова Н. А., Лапшина М. В., Лиференко О. В., Тимошкина О. И. Исследование жизнеспособности клеток при воздействии ацетата свинца на организм крысы // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 495. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10588> (дата обращения: 29.09.2022).

8. Новикова Р. И., Черный В. И., Ермилов Г. И. Особенности изменения системы гомеостаза при критических состояниях различной этиологии // *Вестник интенсивной терапии*. 1999. № 3. С. 25–29. URL: <https://journals.medi.ru/81903.htm> (дата обращения: 01.10.2022).

9. Супрунов В. В., Жирнова И. Ф. Влияние ультрафиолетовых лучей на организм человека // *Международный студенческий научный вестник*. 2022. № 2. С. 6. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20951> (дата обращения: 10.10.2022).

10. MacKie R. M. Effects of Ultraviolet Radiation on Human Health // *Radiation Protection Dosimetry*. 2020. Vol. 91. No. 1–3. Pp. 15–18. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a033186>

Статья поступила в редакцию 17.10.2022 г.; одобрена после рецензирования 08.11. 2022 г.; принята к публикации 24.11.2022 г.

Об авторах

Дуденкова Наталья Анатольевна

кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, географии и методик обучения, Мордовский государственный педагогический университет им. М. Е. Евсевьева (430007, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Студенческая, д. 11А), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3950-9459>, dudenkova_nataly@mail.ru

Шубина Ольга Сергеевна

доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биологии, географии и методик обучения, Мордовский государственный педагогический университет им. М. Е. Евсевьева (430007, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Студенческая, д. 11А), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5846-9376>, os.shubina@mail.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Artyukhov V. G., Putintseva O. V., Vdovina V. A., Koltakov I. A., Pashkov M. V., Vasilenko D. V. Uroven' ekspressii molekul retseptornogo kompleksa T-limfotsitami krovi cheloveka v usloviyakh ikh UF-oblucheniya [The level of expression of molecules of the receptor complex by human blood T-lymphocytes under conditions of their UV irradiation]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya* = *Radiation Biology. Radioecology*, 2011, vol. 51, no. 2, pp. 258–263. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16311806&ysclid=19vsi962fg453628302> (accessed 10.10.2022). (In Russ.).

2. Beskrovnaya E. V., Mosur E. Yu., Potudanskaya M. G. Vliyanie ul'trafiioletovogo izlucheniya na belki plazmy krovi i proizvodnye gemoglobina [Effect of ultraviolet radiation on blood plasma proteins and hemoglobin derivatives]. *Vestnik Omskogo universiteta* = *Herald of Omsk University*, 2013, no. 4 (70), pp. 118–120. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ultrafiioletovogo-izlucheniya-na-belki-plazmy-krovi-i-proizvodnye-gemoglobina?ysclid=19vsg02cj3401298572> (accessed 10.10.2022). (In Russ.).

3. Voloshin N. A., Topolenko T. A. Morfofunktsional'nye osobennosti formirovaniya yaichek krysa ot momenta rozhdeniya do vtorogo mesyatsa zhizni [Morphofunctional peculiarities of the testes in rats since birth up to second month of life]. *Ukrainskii morfologicheskii al'manakh* = *Ukrainian Morphological Almanac*, 2009, vol. 7, no. 2, pp. 32–34. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20890274> (accessed 10.10.2022). (In Russ.).

4. Dugjeva D. A. Ul'trafiioletovoe izluchenie [Ultraviolet radiation]. *Molodoi uchenyi* = *Young Scientist*, 2020, no. 5, pp. 1–3. Available at: <https://moluch.ru/archive/295/67050/> (accessed 03.10.2022). (In Russ.).

5. Dudenkova N. A., Shubina O. S. Morfofunktsional'nye izmeneniya zheltogo tela v yaichnikakh belykh krysa pri vozdeistvii atsetata svintsa [Morphological and functional changes of yellow body in the ovaries of white rats under the influence of lead acetate]. *Innovatsii v nauke* = *Innovations in Science*, 2014, no. 29, pp. 20–27. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21125681&ysclid=19vwlhrj9i372935630> (accessed 07.10.2022). (In Russ.).

6. Katyukhin L. N. Vliyanie izlucheniya infrakrasnogo spektra na reologicheskie pokazateli eritrotsitov *in vitro* [Effect of infrared spectrum emission on rheological indicators of erythrocytes *in vitro*]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* = *International Research Journal*, 2018, no. 6–1 (72), pp. 84–88. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.72.6.016>

7. Melnikova N. A., Shubina O. S., Dudenkova N. A., Lapshina M. V., Liferenko O. V., Timoshkina O. I. Issledovanie zhiznesposobnosti kletok pri vozdeistvii atsetata svintsa na organizm krysa [A study of the viability of cells when exposed to lead acetate on the organism of rats]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = *Modern Problems of Science and Education*, 2013, no. 5, p. 495. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10588> (accessed 01.10.2022). (In Russ.).

8. Novikova R. I., Cherniy V. I., Ermilov G. I. Osobennosti izmeneniya sistemy gomeostaza pri kriticheskikh sostoyaniyakh razlichnoi etiologii [Features of changes in the homeostasis system in critical conditions of various etiologies]. *Vestnik intensivnoi*

terapii = Bulletin of Intensive Care, 1999, no. 3, pp. 25–29. Available at: <https://journals.medi.ru/81903.htm> (accessed 01.10.2022). (In Russ.).

9. Suprunov V. V., Zhirnova I. F. Vliyanie ul'trafiol'tovykh luchej na organizm cheloveka [The effect of ultraviolet rays on the human body]. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik* = International Student Scientific Bulletin, 2022, no. 2, p. 6. Available at: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20951> (accessed 10.10.2022). (In Russ.).

10. MacKie R. M. Effects of Ultraviolet Radiation on Human Health. *Radiation Protection Dosimetry*, 2020, vol. 91, no. 1–3, pp. 15–18. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a033186>

The article was submitted 17.10.2022; approved after reviewing 08.11.2022; accepted for publication 24.11.2022.

About the authors

Natalia A. Dudenkova

Ph. D. (Biology), Associate Professor of the Department of Biology, Geography and Teaching Methods, Mordovian State Pedagogical University named M. E. Evseviev (11A Studencheskaya St., Saransk 430007, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3950-9459>, dudenkova_nataly@mail.ru

Olga S. Shubina

Dr. Sci. (Biology), Professor, Professor of the Department of Biology, Geography and Teaching Methods, Mordovian State Pedagogical University named M. E. Evseviev (11A Studencheskaya St., Saransk 430007, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5846-9376>, os.shubina@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.