



МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧЕНИ И ПОЧЕК *CHINCHILLA LANIGERA* НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДЫ, ОБОГАЩЁННОЙ МОЛЕКУЛЯРНЫМ ВОДОРОДОМ

Е.В. Панина^{1,2}, В.Н. Каркищенко¹, К.С. Остренко³, Д.В. Петров^{1,*}, А.Е. Сорочан²

¹ ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»
143442, Российская Федерация, Московская обл., Красногорский р-н, п. Светлые горы, 1

² ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева»
127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49

³ Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии
и питания животных — филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»
249013, Российская Федерация, Калужская обл., Боровск, п. Институт

В статье представлены результаты применения в рационе малой длиннохвостой шиншиллы воды, обогащённой молекулярным водородом. Эксперимент был проведён на двух группах шиншилл — контрольной (n=10) и опытной (n=10). Долгосрочный научный опыт проводился в течение трёх лет. В начале, в середине и конце эксперимента у особей изымались печень и почки для определения токсического воздействия молекулярного водорода путём проведения морфометрии почечных капиллярных клубочков, характеристики сосудистого русла, определения площади гепатоцитов, их ядерно-цитоплазматического соотношения, а также стромального и паренхиматозного компонентов печени. Установлено, что в результате долгосрочного применения воды, обогащённой молекулярным водородом, площадь почечных клубочков животных опытной группы снизилась на 27% (p<0,01). Также наблюдалось увеличение паренхиматозного компонента печени и объёма цитоплазмы в гепатоцитах (p<0,01). Таким образом, включение в рацион животных воды, обогащённой молекулярным водородом, благоприятно влияет на состояние почечных клубочков, сосудистой системы и не оказывает токсического влияния на печень.

Ключевые слова: *Chinchilla lanigera*, водородный антиоксидант, почки, печень

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Панина Е.В., Каркищенко В.Н., Остренко К.С., Петров Д.В., Сорочан А.Е. Морфофункциональная характеристика печени и почек *Chinchilla lanigera* на фоне применения воды, обогащённой молекулярным водородом. *Биомедицина*. 2024;20(3E):70–76. <https://doi.org/10.33647/2713-0428-20-3E-70-76>

Поступила 15.04.2024

Принята после доработки 13.05.2024

Опубликована 01.11.2024

MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF *CHINCHILLA LANIGERA* LIVER AND KIDNEYS IN THE SETTING OF HYDROGEN-RICH WATER REGIME

Elena V. Panina^{1,2}, Vladislav N. Karkischenko¹, Konstantin S. Ostrenko³,
Dmitry V. Petrov^{1,*}, Anastasia E. Sorochan²

¹ Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia
143442, Russian Federation, Moscow Region, Krasnogorsk District, Svetlye Gory Village, 1

² Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

³ All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition — Branch of the Federal
Scientific Center of Animal Husbandry — The All-Russian Institute of Animal Husbandry named
after Academician L.K. Ernst
249013, Russian Federation, Kaluga Region, Borovsk, Institut Village

The article presents the results of including hydrogen-rich water in the diet of *Chinchilla lanigera* (long-tailed chinchilla). The experiment was carried out on two groups of chinchillas: control (n=10) and experimental (n=10). The long-term scientific experiment covered the period of three years. At the beginning, in to determine the toxic effects of molecular hydrogen. To that end, laboratory investigations were conducted to assess the morphometry of the renal capillary glomeruli, characterizing the vascular bed, and to determine the area of hepatocytes, their nuclear-cytoplasmic ratio, as well as the stromal and parenchymal components of the liver. The long-term use of hydrogen-rich water was shown to contribute to a decrease in the area of the renal glomeruli of animals in the experimental group by 27% ($p<0.01$). In addition, an increase in the parenchymal component of the liver and the volume of cytoplasm in hepatocytes ($p<0.01$) was observed. It is concluded that the inclusion of hydrogen-rich water in the diet of animals has a beneficial effect on the condition of the renal glomeruli and vascular system and has no toxic effect on the liver.

Keywords: *Chinchilla lanigera*, hydrogen antioxidant, kidneys, liver

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Panina E.V., Karkischenko V.N., Ostrenko K.S., Petrov D.V., Sorochan A.E. Morphofunctional Characteristics of *Chinchilla lanigera* Liver and Kidneys in the Setting of Hydrogen-Rich Water Regime. *Journal Biomed.* 2024;20(3E):70–76. <https://doi.org/10.33647/2713-0428-20-3E-70-76>

Submitted 15.04.2024

Revised 13.05.2024

Published 01.11.2024

Введение

Известно, что печень и почки участвуют в регуляции практически всех основных путей метаболизма. Нарушение функционирования этих органов приводит к возникновению различных заболеваний. Немаловажную роль в этом процессе играет неблагоприятное воздействие факторов внешней и внутренней среды, приводящее к острым и хроническим стрессовым состояниям, снижающим продуктивность у животных [6] и показатели здоровья у человека [1]. Многие научные труды, связанные с адаптацией к стрессовым ситуациям, приспособлением к экстремальным условиям и влиянием на здоровье человека, посвящены поиску путей снижения негативного воздействия стресса [7].

В связи с этим особое внимание уделяется исследованиям в сфере разработки эффективных препаратов, помогающих свести к минимуму отрицательные последствия стрессов. Профилактика стрессов основана на применении препаратов разных фармакологических групп, в т. ч. содержащих антиоксиданты различного происхождения и химического состава. Поэтому в медицине становится перспективным применение молекулярного водорода, обладающего рядом преимуществ, в т. ч. отсутствием побочных эффектов, антиоксидантными, противовоспалительными, противодействующими гибели клеток и стимулирующими энергетический метаболизм свойствами [2, 10]. Не нарушая физиологические процессы организма, молекулярный водород

легко диффундирует в клетки, не повреждая их основные жизненно важные элементы, и купирует избыточную свободно-радикальную активность [4, 9].

Однако, несмотря на положительный эффект биологически активных добавок, некоторые вещества, обладающие кумулятивными свойствами (например, витамины А, Е и D), при долгосрочном употреблении могут вызывать противоположное действие вплоть до интоксикации [8]. Поэтому **целью** нашей работы стало исследование воздействие воды, обогащённой молекулярным водородом, на печень и почки малой длиннохвостой шиншиллы в долгосрочном эксперименте.

Материалы и методы

Для проведения эксперимента было отобрано 20 самцов *Chinchilla lanigera* двухмесячного возраста со средней живой массой 270 г. Группы животных, участвовавших в эксперименте, формировались методом пар-аналогов по 10 особей. Сформированные группы были рассажены в индивидуальные клетки. Условия содержания животных соответствовали зоотехническим нормам: температура окружающей среды составляла 18–20°C, влажность — 30–40%. Кормление производилось гранулированным полнорационным комбикормом для шиншилл со свободным доступом к корму. Поение в обеих группах

осуществлялось автоматизированной системой. К системе поения опытной группы был подключён аппарат для генерации молекулярного водорода Lourdes HS-81. Содержание и обращение с животными в научном эксперименте соответствовали требованиям международных правил надлежащей лабораторной практики, Федерального закона «О защите животных от жестокого обращения» от 01.09.1997 г. [5]. Протокол эксперимента был одобрен биоэтической комиссией ФГБУН НЦБМТ ФМБА России.

В возрасте 36 мес. трёх средних по массе шиншилл из группы подвергали эвтаназии, извлекали почки и печень, взвешивали, готовили гистологические препараты по стандартным методикам (фиксация в 10%-ном р-ре формалина, заливка в парафин, изготовление срезов толщиной 10–15 мкм при помощи микротомы, окраска гематоксилином и эозином). Готовые препараты микроскопировались: в почках подсчитывалось количество капиллярных клубочков в 30 полях зрения от группы, диаметр капиллярного клубочка (не менее 100 измерений от группы), площадь капиллярного клубочка. В печени измерялась площадь гепатоцита (не менее 50 измерений от группы), площадь ядра клетки, объём цитоплазмы, объём ядра, ядерно-цитоплазматическое соотношение, а также соотношение стромы и паренхимы органа. Полученные данные обрабатывались статистически.

Таблица 1. Морфологические показатели печени *Chinchilla lanigera*, $M \pm m$
Table 1. Morphological parameters of the *Chinchilla lanigera* liver, $M \pm m$

Группа	Масса		Показатель		Объём, мкм ³		ЯЦС
	г	%	Площадь, мкм ² клетки	ядро	цитоплазма	ядро	
Контрольная	12,9±0,25	2,7±0,19	154±7,3	26±0,3	1525±101,8	97±1,6	0,065±0,003
Опытная	12,7±1,20	2,7±0,23	177±4,7*	27±1,3	1886±81,4**	110±8,7	0,061±0,007

Примечание: * — разница между группами достоверна при $p < 0,05$; ** — разница между группами достоверна при $p < 0,01$; ЯЦС — ядерно-цитоплазматическое соотношение.

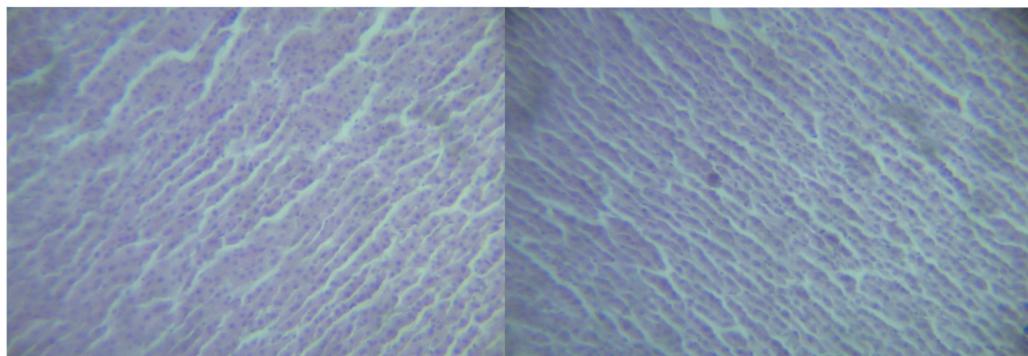
Note: * — difference between the groups is significant at $p < 0.05$; ** — difference between the groups is significant at $p < 0.01$; ЯЦС — nuclear-cytoplasmic ratio.

Результаты и их обсуждение

В возрасте 36 мес. у самцов контрольной группы живая масса при взвешивании составила 462 г, а в опытной — 527 г, что достоверно выше на 12% ($p < 0,05$). Абсолютная и относительная масса печени в обеих группах различалась незначительно (табл. 1). Площадь гепатоцитов печени животных опытной группы была достоверно больше ($p < 0,05$), чем в контрольной, на 13% (рис. 1). Объём цитоплазмы клеток также был выше на 19% ($p < 0,01$), ядра — на 12% (но недостоверно). Ядерно-цитоплазматическое соотношения (ЯЦС) гепатоцитов печени особой контрольной группы было несколько выше за счёт меньшего объёма ядра и цитоплазмы.

Содержание стромы в печени контрольной группы составило 18,3%, а паренхимы — 81,8%, тогда как в опытной группе этот показатель был в пределах 17,3% стромы и 82,8% паренхимы соответственно.

При изучении морфометрических показателей почек выявлено, что абсолютная масса органов в исследуемых группах в среднем составляла 3,2–3,3 г, а относительная — 0,6–0,7% (табл. 2). Структура почек представлена корковым и мозговым веществом. Кортиковые и мозговые части нечётко разграничены между собой. В структуре корковой части на протяжении всего среза визуализируются почечные канальцы, которые образуют почечный ла-



А

Б

Рис. 1. Гистоструктура печени *Chinchilla lanigera*: А — контрольная группа, Б — опытная группа. Ув. 25×10. Окраска: гематоксилин и эозин.

Fig. 1. Histological parameters of the *Chinchilla lanigera* liver: А — control group, Б — experimental group. Magn. 25×10; hematoxylin and eosin staining

Таблица 2. Морфологические показатели почек *Chinchilla lanigera*, $M \pm m$
Table 2. Morphological parameters of *Chinchilla lanigera* kidneys, $M \pm m$

Группа	Масса		Показатель		
	г	%	Капиллярные клубочки		
			кол-во в поле зрения, шт.	диаметр, мкм	площадь, мм ²
Контрольная	3,2±0,04	0,7±0,04	10,1±0,41	63±1,3	3,0±0,07
Опытная	3,3±0,23	0,6±0,04	10,3±0,90	54±1,1**	2,2±0,06**

Примечание: ** — разница между группами достоверна при $p < 0,01$.

Note: ** — difference between the groups is significant at $p < 0.01$.

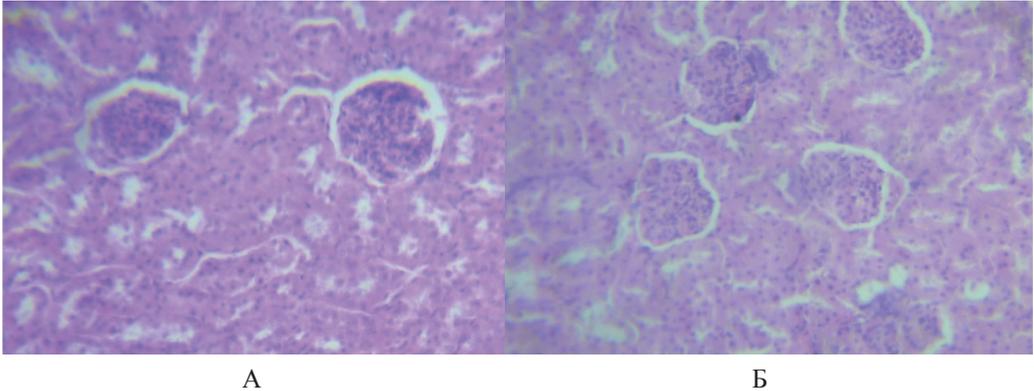


Рис. 2. Гистоструктура почек *Chinchilla lanigera*: А — контрольная группа, Б — опытная группа. Ув. 25×10. Окраска: гематоксилин и эозин.
Fig. 2. Histostructure of *Chinchilla lanigera*, kidneys: А — control group, Б — experimental group. Magn. 25×10. Hematoxylin and eosin staining.

биринт, и почечные тельца округлой формы с хорошо просматриваемыми капсулой, просветом и ядрами. Количество капиллярных клубочков в поле зрения в обеих группах составило в среднем 10 шт. При этом средний диаметр капиллярного клубочка в опытной группе был достоверно меньше на 17% ($p < 0,01$), а его площадь — на 27% ($p < 0,01$) (рис. 2).

Таким образом, длительное введение воды, обогащённой молекулярным водородом, усиливало кровоток в почечных клубочках шиншилл опытной группы, тем самым увеличивая их фильтрационную способность. В печени наблюдалось увеличение объёма ядра и цитоплазмы гепатоцитов, что позволяет предположить о более активно протекающих процессах синтеза и депонирования различных веществ, необходимых для поддержания оптимального функционирования органа. Поскольку в печени и почках экспериментальных животных не было выявлено патологических изменений, связанных с дистрофическими или воспалительными процессами, можно констатировать, что включение в рацион шиншилл воды, обогащённой молекулярным водородом, не оказывает токсического воздействия на организм.

Выводы

1. После длительного введения в рацион малой длиннохвостой шиншиллы воды, обогащённой молекулярным водородом, в печени не выявляются признаки воспалительного процесса, сосуды не расширены, отсутствует венозный застой, гепатоциты крупные с чётко контурированным ядром и объёмистой цитоплазмой, что говорит об интенсивности идущих в них синтетических процессов и положительном влиянии на обмен веществ и состояние организма животного в целом. Установлено, что в результате долгосрочного применения воды, обогащённой молекулярным водородом, площадь почечных клубочков животных опытной группы снизилась на 27% ($p < 0,01$).

2. В почках шиншилл опытной группы не выявляются воспалительные процессы, капиллярные клубочки почечных телец имеют округло-овальную форму, компактны, кровенаполнены, спавшиеся и угловатые клубочки отсутствуют. Дистрофических изменений и почечной недостаточности не наблюдается. Установлено, что в результате долгосрочного применения воды, обогащённой молекулярным водородом, наблюдалось увеличение объёма цитоплазмы в гепатоцитах ($p < 0,01$) и паренхиматозного компонента печени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Гречушников Е.Ю. Влияние стрессовых ситуаций на здоровье человека. *Молодой учёный*. 2022;16(411):417–420. [Grechushnikov E.Y. Vliyanie stressovykh situatsiy na zdorov'e cheloveka. [The influence of stressful situations on human health]. *Molodoy ucheny* [Young Scientist]. 2022;16(411):417–420. (In Russian)].
- Данилова Д.А., Бричкин Ю.Д., Медведев А.П., Пичугин В.В., Федоров С.А., Таранов Е.В., Назаров Е.И., Рязанов М.В., Большухин Г.В., Дерюгина А.В. Использование молекулярного водорода при операциях на сердце в условиях искусственного кровообращения. *Современные технологии в медицине*. 2021;13(1):71–77. [Danilova D.A., Brichkin Y.D., Medvedev A.P., Pichugin V.V., Fedorov S.A., Taranov E.V., Nazarov E.I., Ryzanov M.V., Bolshukhin G.V., Deryugina A.V. Ispol'zovanie molekulyarnogo vodoroda pri operatsiyakh na serdse v usloviyakh iskusstvennogo krovoobrashcheniya [Application of molecular hydrogen in heart surgery under cardiopulmonary bypass]. *Sovremennye tekhnologii v meditsine* [Modern Technologies in Medicine]. 2021;13(1):71–77. (In Russian)]. DOI: 10.17691/stm2021.13.1.09
- Лапин А.А., Каратаев О.Р., Гарифуллин И.Г., Литвинов С.Д., Зеленков В.Н. Перспективы использования молекулярного водорода в экологичной и спортивной медицине (обзор). *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»*. 2021;11(6):33–41. [Lapin A.A., Karatayev O.R., Garifullin I.G., Litvinov S.D., Zelenkov V.N. Perspektivy ispol'zovaniya molekulyarnogo vodoroda v ekologichnoy i sportivnoy meditsine (obzor). [Prospects for using molecular hydrogen in environmental and sport medicine (review)]. *Vestnik meditsinskogo instituta «REAVIZ»* [Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ"]. 2021;11(6):33–41. (In Russian)]. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2021.6.PHYS.2
- Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н., Каменецкая Д.Б., Кочеткова М.Г. Молекулярный водород: биологическое действие, возможности применения в здравоохранении (обзор). *Hygiene & Sanitation*. 2019;98(4):359–365. [Rakhmanin Yu.A., Yegorova N.A., Mikhaylova R.I., Ryzhova I.N., Kamenetskaya D.B., Kochetkova M.G. Molekulyarnyy vodorod: biologicheskoe deystvie, vozmozhnosti primeneniya v zdравоохранении (obzor). [Molecular hydrogen: Biological effects, potential healthcare applications (review)]. *Hygiene & Sanitation*. 2019;98(4):359–365. (In Russian)]. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-4-359-36
- Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях*. Под ред. Н.Н. Каркищенко и др. М.: Профиль-2С, 2010. [*Rukovodstvo po laboratornym zhitvotnym i al'ternativnym modelyam v biomeditsinskikh issledovaniyakh* [Manual on laboratory animals and alternative models in biomedical research]. Ed. by N.N. Karkischenko, et al. Moscow: Profil'-2S Publ., 2010. (In Russian)].
- Тимофеев Л.В., Сидорова М.В., Панина Е.В., Кулинич Н.В. Откормочные и мясные качества чистопородных и помесных свиней с разной стрессчувствительностью. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2001;3:154–165. [Timofeyev L.V., Sidorova M.V., Panina Ye.V., Kulich N.V. Otkormochnye i myasnye kachestva chistoporodnykh i pomesnykh sviney s raznoy stresschuvstvitel'nost'yu [Fattening and meat qualities of purebred and crossbred pigs with different stress sensitivity]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokozyaystvennoy akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy]. 2001;3:154–165. (In Russian)].
- Фролов В.А. Влияние стрессовых ситуаций на здоровье человека. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2024;1–2(88):85–88. [Frolov V.A. Vliyanie stressovykh situatsiy na zdorov'e cheloveka [The influence of stressful situations on human health]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 2024;1–2(88):85–88. (In Russian)]. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-1-2-85-88
- Щетинина С.Ю. Значение витаминов для здоровой жизнедеятельности человека. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2024;3–3(90):26–31. [Shchetinina S.Yu. Znachenie vitaminov dlya zdorovoy zhiznedeyatel'nosti cheloveka [Importance of vitamins for healthy human life]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 2024;3–3(90):26–31. (In Russian)]. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-3-3-26-31
- Lili F., Huayu Ch., Junhui L., Da Ch., Yuexiang H. Controllable synthesis of hydrogen bubbles via aeration method for efficient antioxidant process. *Appl. Nanosci*. 2021;11:833–840. DOI: 10.1007/s13204-020-01652-z
- Ohta S. The emergence, development, and future mission of hydrogen medicine and biology. In: Slezak J., Kura B. (eds) *Molecular hydrogen in health and disease*. *Advances in Biochemistry in Health and Disease*. Springer Nature Switzerland. 2024;27:451–465. DOI: 10.1007/978-3-031-47375-3_26

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Панина Елена Витальевна, к.б.н., доц., ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева»;
e-mail: epanina@rgau-msha.ru

Elena V. Panina, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy;
e-mail: epanina@rgau-msha.ru

Каркищенко Владислав Николаевич, д.м.н., проф., ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»;
e-mail: scbmt@yandex.ru

Vladislav N. Karkischenko, Dr. Sci. (Med.), Prof., Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;
e-mail: scbmt@yandex.ru

Остренко Константин Сергеевич, д.б.н., Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных — филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»;
e-mail: Ostrenkoks@gmail.com

Konstantin S. Ostrenko, Dr. Sci. (Biol.), All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition — Branch of the Federal Scientific Center of Animal Husbandry — The All-Russian Institute of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst;
e-mail: Ostrenkoks@gmail.com

Петров Дмитрий Валерьевич*, ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»;
e-mail: 1941-65@mail.ru

Dmitry V. Petrov*, Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;
e-mail: 1941-65@mail.ru

Сорочан Анастасия Евгеньевна, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева»;
e-mail: anasta.sorochan@yandex.ru

Anastasia E. Sorochan, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy;
e-mail: anasta.sorochan@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author