

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 637.12.04/07

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-2-41-45

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОВЕНЬ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ МОЛОКА

МАСЛОВ МАКСИМ МИХАЙЛОВИЧ, старший преподавательmslvmax@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4857-6044>**КАЗАНИНА ТАТЬЯНА АЛЕКСЕЕВНА**, студент**КРУПИН АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, доцентkrupin-ngiei@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7497-353X>**МАТВЕЕВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ**✉, канд. техн. наук, доцентmatveev_ngiei@mail.ru✉; <http://orcid.org/0000-0002-1837-8285>

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет; 606340, Российская Федерация, Нижегородская обл., Нижний Новгород, ул. Октябрьская, 22 А

Аннотация. При анализе сырого молока следует учитывать сложность и неоднозначность критерия «Бактериальная обсеменённость». Авторами проведена оценка влияния физико-химических и микробиологических параметров молока на его обсеменённость в течение года. В качестве источника информации использовались протоколы испытания молока за 2020 г. Исследовались значения кислотности, количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), количество соматических клеток, доля белка и жира и плотность молока. С целью оценки влияния параметров окружающей среды учитывались значения температуры воздуха и влажности в момент забора пробы. Забор образцов проводился согласно ГОСТ 26809.1-2014 «Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу». Исследования проводились на трех молочно-товарных фермах Княгининского района Нижегородской области: МТФ с привязным содержанием на 200 гол. с доением в молокопровод линейного типа; МТФ с беспривязным содержанием на 400 гол. с доением в молокопровод типа «Елочка»; МТФ с привязно-выгульным содержанием на 450 гол. с доением в молокопровод линейного типа. Наиболее низкий показатель КМАФАнМ, равный $36,7 \cdot 10^3$ КОЕ/см³, установлен в марте, а самый высокий – $166,7$ КОЕ/см³ – в ноябре. В результате корреляционного анализа установлено, что наибольшее влияние из исследуемых факторов на уровень бактериальной обсеменённости оказывает количество соматических клеток (коэффициент корреляции Пирсона $R = 0,71$ при доверительной вероятности $P = 0,0619$). Причиной этого, по мнению авторов, могут быть несоблюдение выполнения требований к гигиене вымени коров, ненадлежащее состояние оборудования и помещения. Выявлено слабое влияние на уровень бактериальной обсеменённости со стороны плотности молока ($R = -0,18$ при $P = 0,096$) и температуры окружающего воздуха ($R = -0,18$ при $P = 0,095$), что может быть следствием недостаточного охлаждения молока перед транспортировкой.

Ключевые слова: анализ, бактериальная обсеменённость, корреляционный анализ, корреляционная модель, коэффициент корреляции, молоко, статистические данные.

Формат цитирования: Маслов М.М., Казанина Т.А., Крупин А.Е., Матвеев В.Ю. Корреляционный анализ факторов, влияющих на уровень бактериальной обсемененности молока // *Агроинженерия*. 2022. Т. 24. № 2. С. 41-45. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-2-41-45>.

© Маслов М.М., Казанина Т.А., Крупин А.Е., Матвеев В.Ю., 2022



ORIGINAL PAPER

CORRELATION ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE BACTERIAL CONTAMINATION OF MILK

MAKSIM M. MASLOV, Senior Lecturermslvmax@bk.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4857-6044>**TATIANA A. KAZANINA**, 4th year student**ALEKSANDER E. KRUPIN**, PhD (Eng), Associate Professorkrupin-ngiei@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7497-353X>**VLADIMIR Yu. MATVEEV**✉, PhD (Eng), Associate Professormatveev_ngiei@mail.ru✉; <http://orcid.org/0000-0002-1837-8285>

Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics; 606340, 22 A, Oktyabrskaya Str., Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation

Abstract. When analyzing raw milk properties, we should take into account the complexity and ambiguity of the “bacterial contamination” criterion. The authors evaluated the influence of physico-chemical and microbiological parameters of milk on its

contamination over a year period. Milk testing protocols for 2020 were used as a source of information. The values of acidity, the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (CMAFAnM), the number of somatic cells, the proportion of protein and fat, and the density of milk were studied. To assess the influence of environmental parameters, the authors took into account the values of air temperature and humidity at the moment of sampling. Sampling was carried out according to GOST 26809.1-2014 "Milk and dairy products. Acceptance rules, sampling methods, and sample preparation for analysis". The research was carried out on three dairy farms of the Knyaginino district of the Nizhny Novgorod region. They included a dairy farm with tie-up housing for 200 heads with milking in a linear type milk pipeline; a dairy farm with loose housing for 400 heads with milking in a herringbone type milk pipeline; a dairy farm with combined (tie-up and loose) housing for 450 heads with milking in a linear-type milk pipeline. The lowest indicator of QMAFAnM (total viable content) was noticed in March, and the highest – in November. The correlation analysis showed that the greatest influence of the studied factors on the level of bacterial contamination is exerted by the number of somatic cells (Pearson correlation coefficient $R = 0.71$ with a confidence probability $P = 0.0619$). The authors suppose that this situation may result from improper hygienic condition of the udder, equipment, and premises. There was a weak influence on the level of bacterial contamination of milk density ($R = -0.18$ at $P = 0.096$) and ambient air temperature ($R = -0.18$ at $P = 0.095$), which may be result from insufficient cooling of milk before transportation.

Key words: analysis, bacterial contamination, correlation analysis, correlation model, correlation coefficient, milk, statistical data.

For citation: Maslov M.M., Kazanina T.A., Krupin A.E., Matveev V.Yu. Correlation analysis of factors affecting the bacterial contamination of milk. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2022; 24(2): 41-45 (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-2-41-45>.

Введение. Одним из главных приоритетных направлений животноводства является производство молока коров, соответствующего санитарно-гигиеническим нормам и требованиям молочно-перерабатывающих предприятий [1-3].

В настоящее время к молоку, поступающему на перерабатывающие предприятия, предъявляются требования, предусмотренные ГОСТ 52054-03 «Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия», ГОСТ 31449-2013 «Молоко натуральное коровье сырое. Технические условия», ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции», СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»^{1,2,3}.

В ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия» указаны органолептические, физико-химические и микробиологические требования, предъявляемые к сырому молоку, и произведено подразделение на сорта: высший, первый и второй⁴.

В качестве критерия при расчётах на закупаемое молоко предприятия используют такие показатели, как содержание жира и белка в молоке, температура охлаждённого молока, кислотность, плотность, точка замерзания, бактериальная обсеменённость, число соматических клеток и др.

Бактериальная обсеменённость – это количество микроорганизмов в 1 куб. см КОЕ/1 см³, характеризующаяся показателем КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) [4-6].

В составе КМАФАнМ представлены различные группы микроорганизмов: бактерии, дрожжи, плесневые грибы. Их общая численность свидетельствует

о санитарно-гигиеническом состоянии продукта. С помощью этого показателя можно увидеть, пригодно ли молоко к общему потреблению или его нужно отправить на повторное очищение.

Данный показатель влияет на снижение полезных и питательных свойств в молоке и его безопасность. Его повышенное значение в молочных продуктах повышает вероятность развития в них особых типов микобактерий, приводящих к воспалительным и язвенным поражениям кишечника.

Молоко здоровой коровы практически не содержит бактерий. Причины повышения уровня бактериальной обсеменённости представлены на рисунке 1.

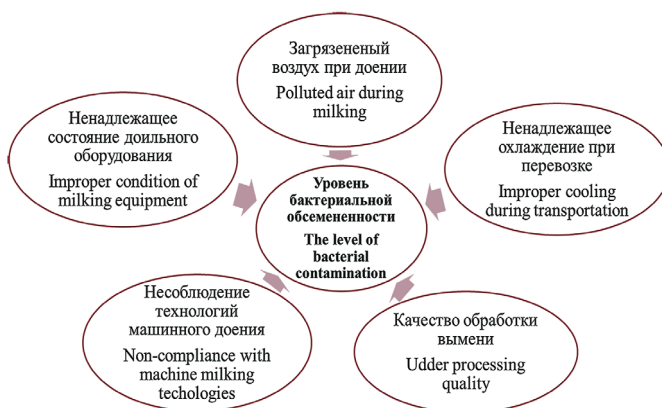


Рис. 1. Причины повышения уровня бактериальной обсеменённости

Fig. 1. Reasons for the increase in the level of bacterial contamination

От уровня бактериальной обсеменённости молока зависят возможность его переработки, питательность, безопасность и конечная цена. Прибыль сельхозтоваропроизводителей от реализации товарного молока напрямую зависит не только от его физико-химических свойств, но и от его микробиологических показателей.

Цель исследований: оценка влияния физико-химических показателей и количества соматических клеток сырого молока, а также параметров окружающего воздуха на уровень бактериальной обсеменённости товарного молока.

¹ ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия». Введ. 2014-01-07. М.: Стандартинформ, 2013. 14 с.

² СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: ФГУП «ИнтерСЭН», 2002. 2 с.

³ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499050562> (дата обращения: 07.10.2021).

⁴ ГОСТ Р 52054-2003. Молоко натуральное коровье-сырье. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2003. 9 с.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели последовательно решались следующие задачи:

1. Сбор информации.

В качестве источника информации о показателях молока были выбраны протоколы испытания произведённого молока. Исследования проводились на трех молочно-товарных фермах Княгининского района Нижегородской области: МТФ с привязным содержанием на 200 гол. с доением в молокопровод линейного типа; МТФ с беспривязным содержанием на 400 гол. с доением в молокопровод типа «Елочка»; МТФ с привязно-выгульным содержанием на 450 гол. с доением в молокопровод линейного типа.

Испытания проводились 3-4 раза в месяц. Согласно протоколам были взяты показания кислотности, КМАФАнМ, количества соматических клеток, доли белка и жира и плотности молока (рис. 2). Забор образцов проводился согласно ГОСТ 26809.1-2014 «Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу»⁵.

Для оценки влияния параметров окружающей среды для выборки определены влажность воздуха и его температура. Значения данных параметров взяты согласно порталу «Погода и климат» на время проведения забора образца⁶.

8. Результаты испытаний:

Контролируемый показатель	НД на методы испытания	Наименование с единицы измерения	Нормируемое значение	Результаты испытаний
1	2	3	4	5
Физико-химические показатели:				
Массовая доля жира	ГОСТ 5867-90 п.2	%	не менее 2,8	3,9 ± 0,08
Массовая доля белка	ГОСТ 25179-2014 п.6.3	%	не менее 2,8	3,32 ± 0,18
Плотность	ГОСТ Р 54758-2011 п.6	кг/м ³	не менее 1027,0	1029,0 ± 0,5
Кислотность	ГОСТ Р 54669-2011 п.7	°Т	16,0-21,0	17,9 ± 1,9
Микробиологические показатели:				
Содержание соматических клеток	ГОСТ 23453-2014 п.6	в 1 см ³	не более 7,5 * 10 ⁵	2,4 * 10 ⁵
КМАФАнМ	ГОСТ 32901-2014 п.8.4	КОЕ/см ³	не более 5,0 * 10 ⁵	1,3 * 10 ⁵
Ингибирующие вещества	ГОСТ 23454-2016 п.7	мг/кг	не допускается	отсутствие
Бактерии рода Salmonella	ГОСТ 31659 – 2012 п.8	в 25 см ³	не допускается	не обнаружено

Рис. 2. Пример протокола испытания молока

Fig. 2. Example of a milk test report

2. Систематизация и обработка полученной информации.

С целью оценки показателей по месяцам и уменьшения ошибки использовались среднемесячные значения. Значения исследуемых показателей приведены в таблице 1.

3. Составление и анализ матрицы корреляции факторов.

Для оценки влияния отдельных физико-химических показателей молока и параметров окружающей среды использовался метод корреляционного анализа.

Целью корреляционного анализа является выявление оценки силы связи между исследуемыми показателями, которые характеризуют уровень КМАФАнМ.

Задачи корреляционного анализа:

1. Измерение степени связности (тесноты, силы, строгости, интенсивности) исследуемых параметров.

2. Отбор факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на результативный признак, на основании измерения степени связности между явлениями.

3. Обнаружение неизвестных причинных связей между исследуемыми параметрами.

Результаты и обсуждение. Согласно полученным результатам все образцы отвечают требованиям технического регламента Таможенного союза 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и все исследуемые показатели соответствуют товарному молоку высшего сорта (рис. 3, табл. 1).

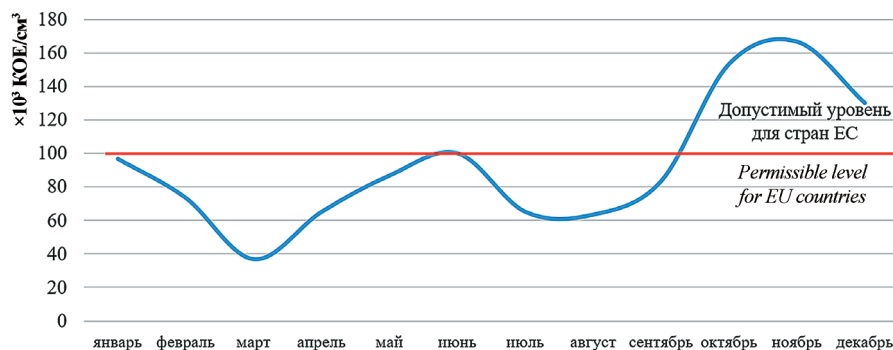


Рис. 3. Динамика изменения уровня КМАФАнМ

Fig. 3. Dynamics of changes in the QMAFAnM level

⁵ ГОСТ 26809.1-2014. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

⁶ Погода Нижегородской области. Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=27563&bday=10&fday=21&amonth=12&ayear=2020&bot=2> (дата обращения: 07.10.2021).

Таблица

Значение исследуемых показателей молока и окружающей среды

Table

The value of the studied parameters of milk and the environment

Анализируемый месяц <i>Analyzed month</i>	Среднемесячное значение исследуемого показателя <i>Average monthly value of the studied indicator</i>							
	Кислотность, °Т <i>Acidity</i>	Содержание соматических клеток, 10 ³ в см ³ <i>Somatic cell content</i>	Доля жира, % <i>Proportion of fat</i>	Доля белка, % <i>Proportion of protein</i>	Плотность, кг/м ³ <i>Density</i>	Влажность, % <i>Humidity</i>	Температура, °С <i>Temperature</i>	КМАФАнМ, СМАФАнМ, 10 ³ КОЕ/см ³
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	y
Январь <i>January</i>	18,00	130	3,93	3,15	1028,7	89,0	-4,5	96,7
Февраль <i>February</i>	18,00	90	3,83	3,23	1029,3	77,3	-1,9	73,3
Март <i>March</i>	18,00	120	3,83	3,26	1028,7	75,3	4,7	36,7
Апрель <i>April</i>	18,10	167,5	3,90	3,19	1028,8	55,3	3,0	65,0
Май <i>May</i>	17,90	230	3,93	3,19	1028,7	64,3	13,7	86,7
Июнь <i>June</i>	17,70	246	3,82	3,16	1029	60,2	18,9	100,0
Июль <i>July</i>	17,95	200	3,95	3,24	1029	54,5	23,5	65,0
Август <i>August</i>	17,87	103,33	3,80	3,28	1030	70,3	16,7	63,3
Сентябрь <i>September</i>	18,10	113,33	3,83	3,26	1028,7	73,0	11,0	83,3
Октябрь <i>October</i>	17,77	90	3,73	3,21	1029	63,0	4,6	153,3
Ноябрь <i>November</i>	17,90	133,33	3,67	3,32	1029,3	81,0	-2,8	166,7
Декабрь <i>December</i>	18,00	270	3,85	3,32	1029	80,0	-11,4	130,0
Среднегодовое значение <i>Average annual meaning</i>	18,00	158,00	4,00	3,2	1029	70	6,3	102

Наиболее низкий показатель КМАФАнМ приходился на март, составив менее $36,7 \cdot 10^3$ КОЕ/см³, а самый высокий показатель зафиксирован в ноябре: $166,7 \cdot 10^3$ КОЕ/см³.

Составлена матрица корреляции исследуемых факторов (рис. 4).

Согласно корреляционной матрице наибольшее влияние на уровень бактериальной обсеменённости оказывает количество соматических клеток (x_2), что свидетельствует о тесной связи между рассматриваемыми параметрами. Коэффициент корреляции Пирсона для данного фактора равен 0,71 при доверительной вероятности $P = 0,0619$, что свидетельствует о тесной связи между факторами при доверительной вероятности 95%.

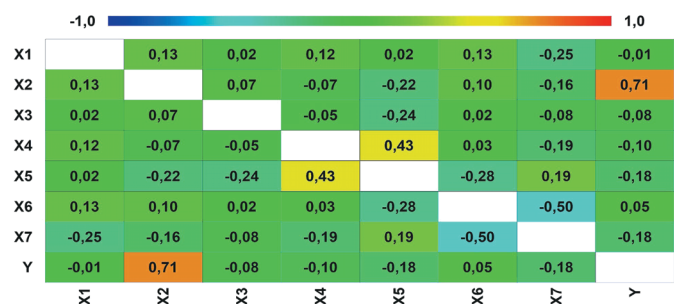


Рис. 4. Матрица корреляции для исследуемых параметров окружающей среды и физико-химических показателей на уровень бактериальной обсеменённости молока

Fig. 4. Correlation matrix for the studied environmental parameters and physical-and-chemical indicators of the bacterial contamination of milk

Выводы

1. Согласно данным протоколов испытаний все образцы соответствуют требованиям технического регламента Таможенного союза 033/2013. Наибольший уровень бактериальной обсеменённости молока в исследуемых хозяйствах за период 2020 г. наблюдался только в ноябре и составил 166,7 тыс. КОЕ/см³, что превысило показатель 100 тыс. в 1 см³, установленный требованиями Евросейского союза.

2. Корреляционный анализ показал наиболее тесную связь между уровнем бактериальной обсеменё-

ности и количеством соматических клеток ($R = 0,71$ при $P = 0,0619$). Данный факт свидетельствует о несоблюдении выполнения требований к гигиене вымени коров, о ненадлежащем состоянии оборудования и помещения.

3. Слабое влияние на уровень бактериальной обсеменённости наблюдается со стороны плотности молока ($R = -0,18$ при $P = 0,096$) и температуры окружающего воздуха ($R = -0,18$ при $P = 0,095$), что является следствием недостаточного охлаждения молока перед транспортировкой.

Библиографический список

1. Матвеев В.Ю., Заикин В.П., Маслов М.М. Разработка функционально-морфологической модели системы санитарной обработки доильной установки // Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 85-90. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i3pp85-90>

2. Кирсанов В.В., Матвеев В.Ю., Крупин А.Е. Технология промывки молокопроводов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2016. № 2(43). С. 86-91.

3. Кирсанов В.В., Матвеев В.Ю. Теоретические основы промывки молокопроводов доильных установок // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 6. С. 48-50.

4. Боченков В. Бактериальная обсеменённость молока // Агровестник. URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/cattle-tech/bakterialnaya-obsemenennost-moloka.html> (дата обращения: 07.10.2021).

5. Палий А.П. Усовершенствование технологического приема очистки доильно-молочного оборудования // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2016. № 116. С. 104-108.

6. Палий А.П. Технологические основы процесса очистки доильно-молочного оборудования // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 1(22). С. 184-190.

Критерии авторства

Маслов М.М., Казанина Т.А., Крупин А.Е., Матвеев В.Ю. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Маслов М.М., Казанина Т.А., Крупин А.Е., Матвеев В.Ю. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 26.10.2021

Одобрена после рецензирования 17.12.2021

Принята к публикации 17.12.2021

References

1. Matveev V.Yu., Zaikin V.P., Maslov M.M. Razrabotka funktsional'no-morfologicheskoy modeli sistemy sanitarnoy obrabotki doil'noy ustanovki [Designing a functional and morphological model of a sanitary treatment system of a milking machine]. *Agrarniy nauchniy zhurnal*, 2020; 3: 85-90. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i3pp85-90> (In Rus.)

2. Kirsanov V.V., Matveev V.Yu., Krupin A.E. Tekhnologiya promyvki molokoprovodov [Technology of washing milk pipelines]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*, 2016; 2(43): 86-91. (In Rus.)

3. Kirsanov V.V., Matveev V.Yu. Teoreticheskie osnovy promyvki molokoprovodov doil'nykh ustanovok [Theoretical foundations of washing milk lines of milking machines]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*, 2012; 6: 48-50. (In Rus.)

4. Bochenkov V. Bakterial'naya obsemenennost' moloka [Bacterial contamination of milk]. *Agrovestnik*. URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/cattle-tech/bakterialnaya-obsemenennost-moloka.html>. (Access date: 07.10.2021).

5. Paliy A.P. Usovershenstvovaniye tekhnologicheskogo priyema ochildki doil'no-molochnogo oborudovaniya [Improving the process of milking equipment cleaning]. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Instituta zhivotnovodstva Natsional'noy akademii agrarnykh nauk Ukrainy*, 2016; 116: 104-108. (In Rus.)

6. Paliy A.P. Tekhnologicheskie osnovy protsessy ochildki doil'no-molochnogo oborudovaniya [Technological fundamentals of the process of milking equipment cleaning]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*, 2017; 1(22): 184-190. (In Rus.)

Contribution

M.M. Maslov, T.A. Kazanina, A.E. Krupin, V.Yu. Matveev performed theoretical studies and, based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. M.M. Maslov, T.A. Kazanina, A.E. Krupin, V.Yu. Matveev have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The article was received 26.10.2021

Approved after reviewing 17.12.2021

Accepted for publication 17.12.2021