

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-4-1238

EDN: CXMVYV

УДК 612.1:616.151:636.034



Научная статья

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВОДОРОД В ТЕХНОЛОГИИ
ИСКУССТВЕННОГО ОСЕМЕНЕНИЯ КОРОВ

*М.Н. Иващенко, А.В. Дерюгина, А.И. Ерзутов,
В.А. Петров, А.А. Белов*

Аннотация

Обоснование. Криоконсервация спермы крупного рогатого скота - эффективный метод племенной работы. Для повышения эффективности криоконсервации требуется совершенствование синтетических разбавителей для замораживания спермы. Особое внимание отводится поиску новых криопротекторов, способных повысить выживаемость сперматозоидов и сохранить их фертильность в процессе криоконсервации.

Цель. Оценка результативности искусственного осеменения коров спермой, содержащей молекулярный водород.

Материалы и методы. Для эксперимента было отобрано 2 группы животных, по 50 голов в каждой. Коров контрольной группы осеменяли спермой, замороженной в среде «BioXcell», а животных опытной группы спермой, замороженной в среде «BioXcell» с молекулярным водородом. Осеменение коров проводили групповым методом путем синхронизации половой охоты по схеме «Овсинх». Эффективность осеменения оценивалась на основе данных ректального УЗИ исследования после осеменения. Было проведено сравнение результативности искусственного осеменения коров спермой, криоконсервированной в усовершенствованной среде, содержащей молекулярный водород, с показателями оплодотворяемости, полученными при использовании спермы, замороженной в среде без молекулярного водорода.

Результаты. Оплодотворяемость коров спермой, содержащей молекулярный водород, через 3 месяца повысилась на 11,5% по сравнению с использованием спермы без молекулярного водорода.

Заключение. Использование молекулярного водорода в составе среды для разбавления семени позволяет повысить оплодотворяющую способность спермы быков и увеличить показатели оплодотворения коров при искусственном осеменении.

Ключевые слова: молекулярный водород; сперма; коровы; искусственное осеменение

Для цитирования. Ивашченко, М. Н., Дерюгина, А. В., Ерзутов, А. И., Петров, В. А., & Белов, А. А. (2025). Молекулярный водород в технологии искусственного осеменения коров. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(4), 11-24. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-4-1238>

Original article

MOLECULAR HYDROGEN IN THE TECHNOLOGY OF ARTIFICIAL INSEMINATION OF COWS

*M.N. Ivashchenko, A.V. Deryugina, A.I. Erzutov,
V.A. Petrov, A.A. Belov*

Abstract

Background. Cryopreservation of sperm from cattle is an effective method of breeding work. To increase the efficiency of cryopreservation, the improvement of synthetic diluents for freezing sperm is required. Special attention is paid to the search for new cryoprotectors capable of increasing sperm survival and preserving their fertility during cryopreservation.

Purpose. Evaluation of the effectiveness of artificial insemination of cows with sperm containing molecular hydrogen.

Materials and methods. For the experiment, 2 groups of animals were selected, 50 heads each. The cows of the control group were inseminated with sperm frozen in a BioXcell medium, and the animals of the experimental group with sperm frozen in a BioXcell medium with molecular hydrogen. Insemination of cows was carried out by a group method by synchronizing sexual hunting according to the "Ovsinh" scheme. The effectiveness of insemination was evaluated on the basis of rectal ultrasound examination data after insemination. A comparison was made of the effectiveness of artificial insemination of cows with sperm cryopreserved in an

improved medium containing molecular hydrogen with the indicators of fertilization obtained using sperm frozen in an environment without molecular hydrogen.

Results. Fertilization of cows with sperm containing molecular hydrogen increased by 11.5% after 3 months compared with the use of cryopreserved sperm without molecular hydrogen.

Conclusion. The results of the experiments indicate that the use of molecular hydrogen in the composition of the medium for diluting the seed makes it possible to increase the fertilizing ability of bull sperm and increase the fertilization rates of cows during artificial insemination.

Keywords: molecular hydrogen; sperm; cows; artificial insemination

For citation. Ivashchenko, M. N., Deryugina, A. V., Erzutov, A. I., Petrov, V. A., & Belov, A. A. (2025). Molecular hydrogen in the technology of artificial insemination of cows. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(4), 11-24. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-4-1238>

Введение

Криоконсервация спермы крупного рогатого скота является эффективным методом племенной работы, позволяющим использовать генетический потенциал высокопродуктивных животных. Используемые при этом быки-производители проверены по качеству потомства, а коровы отвечают предъявляемым требованиям по молочной продуктивности [3].

Однако в области криоконсервации спермы быков существуют нерешенные проблемы, которые ограничивают эффективность искусственного осеменения животных. Во-первых, при глубоком замораживании значительная часть сперматозоидов (более 40-50%) погибает в процессе замораживания-оттаивания. Во-вторых, оплодотворяемость коров при использовании криоконсервированной спермы остается по-прежнему недостаточно высока.

Для повышения эффективности криоконсервации требуется проведение углубленных исследований, направленных на совершенствование синтетических разбавителей для глубокого замораживания спермы. Особое внимание необходимо уделить поиску новых криопротекторов и биологически активных веществ, способных повысить выживаемость сперматозоидов и сохранить их фертильность в процессе криоконсервации.

В настоящее время, ведущим фактором в снижении фертильности сперматозоидов считается окислительный стресс [13; 15].

Известно, что для мембран сперматозоидов характерна высокая концентрация полиненасыщенных жирных кислот, что делает их особенно

чувствительными к окислительному стрессу. Активные формы кислорода образующиеся в ходе метаболизма спермиев, способствует развитию перекисного окисления липидов. Перекисное окисление липидов оказывает негативное влияние на показатели подвижности, концентрации сперматозоидов, вызывает истощение энергетических запасов [14; 16; 20].

Молекулярный водород является «новым» антиоксидантом для профилактического и терапевтического применения [8; 18]. В отличие от других антиоксидантов, молекулярный водород инактивирует высокореактивные соединения как гидроксильный радикал, пероксинитрит не нарушая метаболизм и передачу сигналов с помощью активных форм кислорода. Молекулярный водород не только снижает окислительный стресс, но и обладает противовоспалительным, противоаллергическим, противоапоптотическим действием, стимулирует энергетический обмен, регулирует экспрессию генов [8; 17; 18; 19].

Наши исследования показали, что молекулярный водород положительно влияет на морфо-функциональные показатели сперматозоидов, при добавлении его в среду для замораживания спермы. При добавлении молекулярного водорода в среду для разбавления семени и последующей криоконсервации наблюдается увеличение подвижности и средней скорости движения сперматозоидов, отмечено уменьшение окислительных процессов, увеличение содержания АТФ и жизнеспособности спермиев [6; 8].

В этой связи *цель исследования* – оценка результативности искусственного осеменения коров спермой, содержащей молекулярный водород.

Материалы и методы исследования

Научно-производственные опыты проведены на кафедре «Физиологии, биохимии животных и акушерства» НГАУ им. Л.Я Флорентьева.

Для замораживания спермы быков использовали эякуляты с подвижностью более 80% и концентрацией не менее 1 млрд/мл. Эякулят разбавляли синтетической средой «BioXcell» (IMV Technologies, L'Agile, Франция). Для оценки влияния молекулярного водорода на сперматозоиды в состав разбавителя «BioXcell» в качестве криопротектора добавляли молекулярный водород в концентрации 1,2 мг/л. Молекулярный водород получали используя установку Бозон-Н-Н₂/О₃. Замораживали сперму в виде гранул объемом 0,2 мл. Оттаивали сперму в 3% растворе цитрата натрия. Отобранные образцы замороженно-оттаянной спермы быков оценивали на выживаемость спермиев при температуре 38°C, по подвижности и состоянию акросом спермиев.

Для эксперимента было отобрано 2 группы животных, по 50 голов в каждой. Коров контрольной группы осеменяли спермой, замороженной в среде «BioXcell», а животных опытной группы – спермой, замороженной в среде «BioXcell» с молекулярным водородом. В дозе для осеменения содержалось 15 млн подвижных сперматозоидов согласно ГОСТ 26030-2015 [5]. Осеменение коров проводили групповым методом путем синхронизации половой охоты по схеме «Овсинх». Эффективность осеменения оценивалась на основе данных ректального УЗИ исследования на 35 день после осеменения. Было проведено сравнение результативности искусственного осеменения коров спермой, криоконсервированной в усовершенствованной среде, содержащей молекулярный водород, с показателями оплодотворяемости, полученными при использовании спермы, замороженной в среде без молекулярного водорода.

Содержание и кормление животных контрольной и опытной групп было одинаковым и осуществлялось согласно принятым в хозяйстве нормам. За состоянием обмена веществ следили по показателям: температуре тела, частоте пульса и количеству дыхательных движений в минуту по общепринятым методикам [11].

Состояние естественной резистентности у животных изучали, оценивая лизоцимную и бактерицидную активность сыворотки крови. Лизоцимную активность – фотоэлектроколориметрическим методом с использованием тест-культуры *Micrococcus lysodeikticus*, бактерицидную активность сыворотки крови – фотонейлометрическим методом с применением тест-культуры *Escherichia coli* [11]. Фагоцитарную активность нейтрофилов крови определяли по методу А.И. Иванова (1967) [7]. Гематологические показатели исследовали на гематологическом анализаторе Гемалайт 1270 (Dixion, Россия).

Для статистического анализа полученных данных применялась программа Statistica. Оценка достоверности результатов осуществлялась с использованием t-критерия Стьюдента. Уровень статистической значимости был установлен на уровне 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе научно-производственного опыта определяли физиологическое состояние коров по клиническим, гематологическим показателям и показателям естественной резистентности.

Оценивали клинико-физиологические показатели животных: измеряли температуру тела, частоту пульса и количество дыхательных движений

в минуту. Установлено, что клинико-физиологические показатели коров контрольной и опытной групп находились в пределах физиологической нормы (табл. 1).

Таблица 1.

**Клинико-физиологические показатели животных контрольной
и опытной групп, ($M \pm m$)**

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа	Норма по И.П. Кондрахину, 2004 [9]
Температура, °C	38,5±0,19	38,9±0,25	37,5-39,0
Пульс, ударов/мин	62,4±0,79	61,1±0,95	50-80
Дыхание, дых. дв/мин	22,4±0,98	19,6±1,16	15-30

Средняя температура тела у коров контрольной группы – 38,5±0,19 °C, частота пульса 62,4±0,79 ударов/мин, средняя частота дыхательных движений 22,4±0,98 дых. дв/мин, что находится в пределах физиологической нормы. Средняя температура тела у коров опытной группы составила 38,9±0,25 °C, частота пульса 61,1±0,95 ударов/мин, средняя частота дыхательных движений 19,6±1,16 дых. дв/мин, что находится в пределах физиологической нормы. Разница между величинами контрольной и опытной групп животных была статистически недостоверной ($P > 0,05$).

Диагностическим методом, позволяющим в комплексе с клинико-физиологическими показателями определить функциональное состояние животных является гематологический анализ крови [10, 12].

При анализе гематологических показателей крови у контрольной и опытной групп животных, установлено, что все показатели находились в пределах физиологической нормы (табл. 2).

Таблица 2.

**Гематологические показатели крови животных контрольной
и опытной групп, ($M \pm m$)**

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа	Норма по И.П. Кондрахину, 2004 [9]
Лейкоциты, 10^9 /л	8,6±0,34	8,1±0,54	4–11
Тромбоциты, 10^9 /л	498±43,16	502±62,46	90–380
Эритроциты, 10^{12} /л	6,2±0,49	6,3±0,59	5–9
Гемоглобин, г/л	138,25 ±8,34	142,54 ±7,22	80–150

Статистически значимых различий между контрольной и опытной группами коров по содержанию лейкоцитов, тромбоцитов, эритроцитов и гемоглобина не выявлено.

Показатели клеточного и гуморального иммунитета отражают течение физиологических процессов и реализацию продуктивного потенциала организма животного [1, 2, 4, 7]. Нами были изучены бактерицидная (БАСК) и лизоцимная активность сыворотки крови (ЛАСК), а также фагоцитарная активность нейтрофилов (табл. 3).

Таблица 3.

Показатели естественной резистентности крови животных контрольной и опытной групп, ($M \pm m$)

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
БАСК, %	44,28 $\pm$ 1,36	42,52 $\pm$ 1,52
ЛАСК, %	21,29 $\pm$ 1,11	23,16 $\pm$ 1,24
Фагоцитарная активность нейтрофилов, %	54,16 $\pm$ 1,95	55,09 $\pm$ 2,08

Показатели БАСК и ЛАСК между контрольной и опытной группами животных не имели достоверных отличий. Исследование фагоцитарной активности нейтрофилов также не показали достоверных отличий в показателях фагоцитоза между анализируемыми группами.

Таким образом, физиологические, гематологические показатели и показатели естественной резистентности у коров опытной группы находились в пределах интервалов физиологической нормы.

Во втором этапе научно-производственного опыта оценено влияние молекулярного водорода в составе замораживающей среды на результативность осеменения коров криоконсервированной спермой. Как видно из данных таблицы 4 оплодотворяемость коров через 3 месяца повысилась на 11,5% по сравнению с спермой без молекулярного водорода.

Таблица 4.

Результативность осеменения коров опытной группы спермой, замороженной с молекулярным водородом, ($M \pm m$)

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Осеменено коров	50	50
Выбыло из опыта коров	2	3
Стельных коров через 35 сут.	23	28
Стельных коров через 3 мес.	20	25
%	41,7	53,2

Результаты опытов свидетельствуют, что использование молекулярного водорода в составе среды для разбавления семени позволяет повысить оплодотворяющую способность спермы быков и увеличить показатели оплодотворения коров при искусственном осеменении.

Заключение

Криоконсервация репродуктивных клеток крупного рогатого скота одна из важнейших задач современной биотехники воспроизводства. Для успешного создания криобанков гамет требуется разработка и внедрение новых соединений с криопротекторными свойствами. Включение молекулярного водорода в состав криозащитного раствора является целесообразным, так как вещество нетоксично, не откладывается в клетках, не вызывает разрушения биологических мембран, оказывает влияние на показатели перекисного окисления липидов, повышая антиоксидантную активность [8; 17; 18].

Заключение комитета по этике. Исследование было проведено в полном соответствии с этическими нормами, установленными Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, участвующих в экспериментах или научных исследованиях (ETS №123, Страсбург, 1986), а также с требованиями Приказа Министерства Здравоохранения Российской Федерации № 708н от 28 августа 2010 года.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00205.

Список литературы

1. Баймишев, М. Х., & Баймишев, Х. Б. (2016). Инновационный приём повышения естественной резистентности организма коров перед родами. *Современные инновации*, 6(8), 42–49. EDN: <https://elibrary.ru/WBNZBH>
2. Битюков, Е. И., & Миненков, Н. А. (2012). Изменение бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови в разные фазы воспроизводства у коров. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 4, 55–57. EDN: <https://elibrary.ru/ROBSFT>
3. Будевич, А. И., & Мордань, Г. Г. (2002). Совершенствование технологии искусственного осеменения крупного рогатого скота. *Весці Акадэміі аграр-*

- ных наук Рэспублікі Беларусь. Серыя с.-г. навук, 3, 77–79. EDN: <https://elibrary.ru/LHSMDO>
4. Гаркави, Л. Х., Квакина, Е. Б., Кузьменко, Т. С., & Шихлярова, А. И. (2002). *Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации* (196 с.). Екатеринбург: РИА «Филантроп». ISBN: 5-901112-10-5. EDN: <https://elibrary.ru/XMYPUT>
 5. ГОСТ 26030-2015. *Средства воспроизводства. Сперма быков замороженная. Технические условия* (20 с.). Москва: Стандартинформ.
 6. Дерюгина, А. В., Иващенко, М. Н., & Лодяной, М. С. (2022). Оценка резистентности мембран сперматозоидов быков в процессе долгосрочного хранения. *Естественные и технические науки*, 1(164), 107–109. EDN: <https://elibrary.ru/QLDSAO>
 7. Иванов, А. И., & Чухловин, Б. А. (1967). К методике определения поглочительной и переваривающей способности нейтрофилов. *Лабораторное дело*, 10, 610.
 8. Иващенко, М. Н., Дерюгина, А. В., Ермохина, О. Н., Игнатъев, П. С., Лагушко, М. И., Метелин, В. Б., Белов, А. А., & Ерзутов, А. И. (2024). Изменение метаболизма нативных и деконсервированных сперматозоидов быков под действием молекулярного водорода. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(3), 133–148. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-3-1152>. EDN: <https://elibrary.ru/LOCQFZ>
 9. Кондрахин, И. П., Архипов, А. В., & Левченко, В. И. (2004). *Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник* (520 с.). Москва: КолосС. ISBN: 5-9532-0165-6. EDN: <https://elibrary.ru/QKWKND>
 10. Левицкая, Т. Т. (2014). Влияние генотипа на проявление гуморальных факторов естественной резистентности. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 6, 85–88. EDN: <https://elibrary.ru/SJDSIX>
 11. *Оценка и коррекция неспецифической резистентности животных: методические рекомендации* (25 с.). Воронеж: [б. и.]. (Одобрено секцией «Патология, фармакология и терапия» отделения ветеринарной медицины РАСХ.)
 12. Смирнова, Ю. М., Платонов, А. В., & Шамахов, А. А. (2022). Показатели крови коров при включении в рацион добавки на основе гуминовых кислот. *Вестник КрасГАУ*, 8(185), 100–105. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-8-100-105>. EDN: <https://elibrary.ru/CERATW>
 13. Aktan, G., Dogru-Abbasoglu, S., & Kucukgergin, C. (2013). Mystery of idiopathic male infertility: is oxidative stress an actual risk? *Fertility and Sterility*, 99(5), 1211–1215.

14. Cocuzza, M., Sikka, S. C., Athayde, K. S., & Agarwal, A. (2007). Clinical relevance of oxidative stress and sperm chromatin damage in male infertility: an evidence based analysis. *International Brazilian Journal of Urology*, 33(5), 603–621.
15. Garrido, N., Meseguer, M., & Simon, C. (2004). Pro-oxidative and anti-oxidative imbalance in human semen and its relation with male fertility. *Asian Journal of Andrology*, 6(1), 9–65.
16. Lenzi, A., Gandini, L., & Picardo, M. (2000). Lipoperoxidation damage of spermatozoa polyunsaturated fatty acids (PUFA): scavenger mechanisms and possible scavenger therapies. *Frontiers in Bioscience*, 5, E1–E15.
17. Ohno, K., Ito, M., Ichihara, M., & Ito, M. (2012). Molecular hydrogen as an emerging therapeutic medical gas for neurodegenerative and other diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012, 353152.
18. Ohsawa, I., Ishikawa, M., Takahashi, K., Watanabe, M., Nishimaki, K., & Yamagata, K. (2007). Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*, 13(6), 688–694.
19. Slezák, J., Kura, B., & Frimmel, J. (2016). Preventive and therapeutic application of molecular hydrogen in situations with excessive production of free radicals. *Physiological Research*, 65(Suppl. 4), 11–28. <https://doi.org/10.33549/physiolres.933414>
20. Tremellen, K. (2008). Oxidative stress and male infertility — a clinical perspective. *Human Reproduction Update*, 14(3), 243–258. EDN: <https://elibrary.ru/IPKFAV>

References

1. Baimishev, M. Kh., & Baimishev, Kh. B. (2016). Innovative method for increasing natural resistance of cows' organisms before calving. *Modern Innovations*, 6(8), 42–49. EDN: <https://elibrary.ru/WBNZBH>
2. Bitukov, E. I., & Minenkov, N. A. (2012). Changes in bactericidal and lysozyme activity of blood serum in different phases of reproduction in cows. *Bulletin of Kursk State Agricultural Academy*, 4, 55–57. EDN: <https://elibrary.ru/ROBSFT>
3. Budevich, A. I., & Mordan, G. G. (2002). Improving the technology of artificial insemination of cattle. *Proceedings of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Belarus. Agricultural Sciences Series*, 3, 77–79. EDN: <https://elibrary.ru/LHSMDO>
4. Garkavi, L. Kh., Kvakina, E. B., Kuzmenko, T. S., & Shikhlyarova, A. I. (2002). *Antistress reactions and activation therapy. Activation reaction as a path to*

- health through self-organization processes* (196 pp.). Yekaterinburg: RIA “Philanthropist”. ISBN: 5-901112-10-5. EDN: <https://elibrary.ru/XMYPUT>
5. GOST 26030-2015. *Reproduction means. Frozen bull semen. Technical specifications* (20 pp.). Moscow: Standartinform.
 6. Deryugina, A. V., Ivashchenko, M. N., & Lodyanoi, M. S. (2022). Assessment of membrane resistance in bull spermatozoa during long-term storage. *Natural and Technical Sciences*, 1(164), 107–109. EDN: <https://elibrary.ru/QLDSAO>
 7. Ivanov, A. I., & Chukhlov, B. A. (1967). On the method for determining phagocytic and digestive capacity of neutrophils. *Laboratory Practice*, 10, 610.
 8. Ivashchenko, M. N., Deryugina, A. V., Ermokhina, O. N., Ignatiev, P. S., Latushko, M. I., Metelin, V. B., Belov, A. A., & Erzutov, A. I. (2024). Changes in metabolism of native and thawed bull spermatozoa under the influence of molecular hydrogen. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(3), 133–148. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-3-1152>. EDN: <https://elibrary.ru/LOCQFZ>
 9. Kondrakhin, I. P., Arkhipov, A. V., & Levchenko, V. I. (2004). *Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: Reference guide* (520 pp.). Moscow: KolosS. ISBN: 5-9532-0165-6. EDN: <https://elibrary.ru/QKWKND>
 10. Levitskaya, T. T. (2014). Influence of genotype on manifestation of humoral factors of natural resistance. *Proceedings of Orenburg State Agricultural University*, 6, 85–88. EDN: <https://elibrary.ru/SJDSIX>
 11. *Assessment and correction of nonspecific resistance in animals: Methodological recommendations* (25 pp.). Voronezh: [s. n.]. (Approved by the section “Pathology, Pharmacology and Therapy” of the Veterinary Medicine Department of the Russian Academy of Agricultural Sciences.)
 12. Smirnova, Yu. M., Platonov, A. V., & Shamakhov, A. A. (2022). Blood parameters of cows when including a humic acid-based additive in the diet. *Bulletin of KrasSAU*, 8(185), 100–105. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-8-100-105>. EDN: <https://elibrary.ru/CERATW>
 13. Aktan, G., Dogru Abbasoglu, S., & Kucukgergin, C. (2013). Mystery of idiopathic male infertility: Is oxidative stress an actual risk? *Fertility and Sterility*, 99(5), 1211–1215.
 14. Cocuzza, M., Sikka, S. C., Athayde, K. S., & Agarwal, A. (2007). Clinical relevance of oxidative stress and sperm chromatin damage in male infertility: An evidence-based analysis. *International Brazilian Journal of Urology*, 33(5), 603–621.
 15. Garrido, N., Meseguer, M., & Simon, C. (2004). Pro-oxidative and anti-oxidative imbalance in human semen and its relation with male fertility. *Asian Journal of Andrology*, 6(1), 9–65.

16. Lenzi, A., Gandini, L., & Picardo, M. (2000). Lipoperoxidation damage of spermatozoa polyunsaturated fatty acids (PUFA): Scavenger mechanisms and possible scavenger therapies. *Frontiers in Bioscience*, 5, E1–E15.
17. Ohno, K., Ito, M., Ichihara, M., & Ito, M. (2012). Molecular hydrogen as an emerging therapeutic medical gas for neurodegenerative and other diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012, 353152.
18. Ohsawa, I., Ishikawa, M., Takahashi, K., Watanabe, M., Nishimaki, K., & Yamagata, K. (2007). Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*, 13(6), 688–694.
19. Slezák, J., Kura, B., & Frimmel, J. (2016). Preventive and therapeutic application of molecular hydrogen in situations with excessive production of free radicals. *Physiological Research*, 65(Suppl. 4), 11–28. <https://doi.org/10.33549/physiolres.933414>
20. Tremellen, K. (2008). Oxidative stress and male infertility — a clinical perspective. *Human Reproduction Update*, 14(3), 243–258. EDN: <https://elibrary.ru/IPKFAV>

ВКЛАД АВТОРОВ

Иващенко М.Н., Дерюгина А.В.: разработка концепции научной работы, составление черновика рукописи.

Ерзутов А.И., Петров В.А., Белов А.А.: сбор и анализ данных, статистическая обработка полученных результатов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Marina N. Ivashchenko, Anna V. Deryugina: development of the concept of scientific work, drafting of the manuscript.

Alexey I. Erzutov, Vladimir A. Petrov, Andrey A. Belov: data collection and analysis, statistical processing.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Иващенко Марина Николаевна, кандидат биологических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева»
пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603107, Российская Федерация
kafedra2577@mail.ru

Дерюгина Анна Вячеславовна, доктор биологических наук, доцент
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Национальный исследователь-

ский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского”

*пр. Гагарина, 23, г. Нижний Новгород, 603022, Российская Федерация
deryugina@ibbm.unn.ru*

Ерзутов Алексей Иванович, ветеринарный врач

ООО Племпредприятие «Нижегородское»

*ул. Садовая, 135, сп. Опытный, Кстовский муниципальный округ,
Нижегородская область, 607686, Российская Федерация
aerzutov@mail.ru*

Петров Владимир Александрович, аспирант

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева»

*пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603107, Российская Федерация
marina.31@rambler.ru*

Белов Андрей Александрович, кандидат биологических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева»

*пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, 603107, Российская Федерация
andrey.raven@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Marina N. Ivashchenko, Cand. of Bio. Sc., Associate Professor

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Y. Florentyev

97, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation

SPIN-code: 8510-8676

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6642-8518>

kafedra2577@mail.ru

Anna V. Deryugina, Dr. of Bio. Sc., Associate Professor

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

23, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603022, Russian Federation

SPIN-code: 7974-4600

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8812-8559>

deryugina@ibbm.unn.ru

Alexey I. Erzutov, veterinarian*Nizhny Novgorod Enterprise LLC**135, Sadovaya Str., Opytny Settlement, Kstovsky Municipal District,
Nizhny Novgorod region, 607686, Russian Federation**SPIN-code: 5401-2678**ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6175-4820>**aerzutov@mail.ru***Vladimir A. Petrov**, PhD student*Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Y.
Florentyev ,**97, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation**SPIN-code: 5979-1111**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9190-0914>**marina.31@rambler.ru***Andrey A. Belov**, Cand. of Bio. Sc., Associate Professor*Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Y.
Florentyev**97, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation**SPIN-code: 1394-7694**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4869-5054>**andrey.raven@gmail.com*

Поступила 10.12.2024

После рецензирования 20.01.2025

Принята 01.02.2025

Received 10.12.2024

Revised 20.01.2025

Accepted 01.02.2025