

УДК 636.1:591.111

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС У СПОРТИВНЫХ ЛОШАДЕЙ УКРАИНСКОЙ  
ВЕРХОВОЙ И ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОД В ДИНАМИКЕ ФИЗИЧЕСКИХ  
НАГРУЗОК

А. В. Андрийчук, Г. М. Ткаченко, И. В. Ткачова, М. С. Вартовник

OXIDATIVE STRESS AMONG EQUINE ATHLETES OF UKRAINIAN  
WARMBLOOD AND HOLSTEINER BREEDS DURING PHYSICAL EXERCISE

A. V. Andriichuk, G. M. Tkachenko, I. V. Tkachova, M. S. Vartovnik

Целью данной работы было исследование динамики изменений в содержании маркеров окислительного стресса в крови лошадей спортивного направления украинской верховой и голштинской пород, которые активно используются в классических видах конного спорта (конкур, выездка, троеборье), что позволит оценить глубинные метаболические изменения организма лошадей в ответ на интенсивные физические нагрузки. Систематические физические нагрузки у спортивных лошадей сопровождаются развитием специфических адаптационных реакций к окислительному стрессу. Более высокая интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в состоянии покоя наблюдалась в крови и в эритроцитах лошадей голштинской породы, что связано у них с большой напряженностью тренировочных нагрузок по сравнению с лошадьми украинской верховой породы. После физических нагрузок у лошадей голштинской породы отмечено существенное снижение содержания ТБК-активных продуктов в эритроцитах. Специфическим признаком метаболизма лошадей украинской верховой породы после физических нагрузок было существенное снижение содержания диеновых конъюгатов. Положительной тенденцией влияния систематических тренировок на организм спортивных лошадей является снижение содержания ТБК-активных продуктов в суспензии эритроцитов после физической нагрузки, что свидетельствует о формировании эффективных адаптационных реакций в их организме. Исследование особенностей метаболических процессов, связанных с интенсивностью окислительного стресса у спортивных лошадей на разных этапах соревновательно-тренировочной деятельности, остается актуальным, поскольку позволяет изучать адаптационные процессы к физическим нагрузкам различного объема и интенсивности, оценивать уровень тренированности и определять факторы, лимитирующие их работоспособность.

*окислительный стресс, ТБК-активные продукты, диеновые конъюгаты, молекулы средней массы, тренинг, украинская верховая порода лошадей, голштинская порода лошадей*

The chronic exposure of regular training seems to improve adaptation ability and antioxidant defense. However, intense physical exercise imposed on equine athletes can lead to overtraining associated with oxidative stress. The purpose of the present study

was to analyze the effect of moderate exercises on oxidative stress biomarkers in well-trained Ukrainian warmblood (UWB) and Holsteiner horses. All the horses were involved in regular training of different kind of equestrian sport (show jumping, eventing and dressage). Our results suggest that training session leads to different consequences on oxidative stress biomarkers in the blood, plasma, and erythrocytes of both breeds. Training session caused decrease of the level of 2-thiobarbituric acid substances (TBARS) in erythrocytes of horses of both breeds, while no significant changes of these parameters in blood and plasma were observed. The difference in TBARS level during rest and training periods is most likely a consequence of different levels of oxidative stress occurring in tissues and erythrocytes. Significant changes in TBARS content and lipid hydroperoxides level in the erythrocytes and plasma of UWB horses after training were noted. Lipid peroxidation in the blood of horses of both breeds during physical exercise was significantly different. It is likely that factors such as duration, intensity, fitness, breed, athletic ability, health, and environmental conditions have an impact on the occurrence or intensity of oxidative stress and damage. The level of oxidative stress markers in the blood of sport horses can be sensitive and informative parameters for the assessment of horse performance.

*oxidative stress, 2-thiobarbituric acid reactive substances, lipid hydroperoxides, middle molecules, Ukrainian warmblood horses, Holsteiner horse breed*

## ВВЕДЕНИЕ

Характерными особенностями современного конного спорта являются усложнение условий соревнований, совершенствование методов тренинга и увеличение объема и интенсивности тренировочных нагрузок [1, 2]. Значительные физические нагрузки у спортивных лошадей в соревновательно-тренировочном периоде сопровождаются максимальной мобилизацией функциональных резервов их организма, что иногда может привести к различным функциональным расстройствам и развитию определенных патологических состояний [3-5]. Поэтому углубление научно-практической деятельности в современном коневодстве в целях сохранения здоровья и повышения работоспособности дорогостоящих лошадей, которые пребывают в интенсивном тренинге в период соревнований, остается сегодня актуальным вопросом.

Известно, что у спортивных лошадей под влиянием физических нагрузок активируются процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) под действием длительной мышечной работы, что приводит к разрушению клеточных мембран, мышечному перенапряжению и утомлению [3-5]. Предпосылкой развития окислительного стресса является нарушение равновесия между интенсивностью процессов ПОЛ, с одной стороны, и системой антиоксидантной защиты организма (АОЗ), с другой. Последнее является лимитирующим фактором, определяющим работоспособность спортивных лошадей [5-9, 10-12]. Активация ПОЛ приводит к образованию высокотоксичных метаболитов – продуктов ПОЛ (малонового диальдегида, диеновых конъюгатов, триенкетон). Последние могут быть достаточно информативными показателями маркеров окислительного стресса [12-14]. Не менее важными маркерами свободнорадикального окисления выступают также молекулы средней массы (МСМ). Интерес к последним определяется также и тем, что они являются важными маркерами эндогенной интоксикации организма [15].

Основная часть средних молекул представлена полипептидами с молекулярной массой 500-5000 Д, в связи с чем их нередко именуют среднемолекулярными пептидами [15]. К этой фракции относятся гормоны, нейропептиды, медиаторы иммунного ответа и множество других продуктов белкового обмена, которые в целом определяют высокую биологическую активность среднемолекулярных пептидов. МСМ нарушают физико-химические свойства биологических мембран и приводят к активации процессов ПОЛ [15].

Целью данной работы было исследование динамики изменений в содержании маркеров окислительного стресса в крови лошадей спортивного направления украинской верховой и голштинской пород, которые активно используются в классических видах конного спорта (конкур, выездка, троеборье), что позволит оценить глубинные метаболические изменения организма лошадей в ответ на интенсивные физические нагрузки.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований было 13 спортивных лошадей украинской верховой породы (УВП) и 17 лошадей голштинской породы (кобылы, жеребцы, меринь) 6-12-летнего возраста (рис. 1). Все лошади клинически здоровы, без наличия признаков патологии. Лошадей УВП содержали на базе ДЮСШ по конному спорту «Буревестник» (г. Львов, Украина), они принимали активное участие в конно-спортивных соревнованиях разных уровней. Лошадей голштинской породы содержали в условиях конно-спортивного клуба "Wechta" (Rosnówko, Польша), они также принимали активное участие в соревнованиях по преодолению препятствий местного и международного уровней. Условия кормления животных несколько отличались: украинские верховые получали сенно-концентратный рацион из расчета в сутки: сено – 6, овес – 6, отруби пшеничные – 2 кг. Лошадей голштинской породы кормили специализированным кормом – мюсли (3-5 кг) и сено (7 кг) в день соответственно. Все лошади пребывали в длительном спортивном тренинге.



Рис. 1. Жеребцы украинской верховой (А) и голштинской пород (Б)  
Fig. 1. Stallions of Ukrainian warmblood (A) and Holstein breeds (B)

Для определения содержания маркеров окислительного стресса в крови спортивных лошадей в динамике тренинга все лошади подвергались физической

нагрузке среднего объема и средней интенсивности. Схема тренировки: движение шагом – 5, движение рысью – 10, движение шагом – 10, движение рысью – 10, движение шагом – 5, движение галопом – 10, движение шагом – 10 мин [2]. Продолжительность физической нагрузки составляла 1 ч. Кровь у лошадей отбирали из яремной вены в пробирки с антикоагулянтом (К-EDTA, фирма MedLab) дважды: утром, в состоянии покоя, и сразу же после тренинга. Для получения плазмы цельную кровь центрифугировали в течение 10 мин при 3000 об/мин. Суспензию эритроцитов получали, промывая осадок охлажденным физиологическим раствором трижды.

ТБК-активные продукты оценивали по содержанию малонового диальдегида (МДА) и выражали в мкмоль/л [16]. Содержание диеновых конъюгатов определяли в плазме с использованием смеси гептан-изопропанол в кислой среде (рН 2,0). После отстаивания и расслоения смеси в гептановом слое определяли содержание первичных продуктов ПОЛ (диеновых конъюгатов) по степени поглощения липидным экстрактом монохроматического светового потока в ультрафиолетовой области спектра (233 нм) и выражали в  $A_{233}/\text{мл}$  плазмы [16]. Концентрацию средних молекул в сыворотке крови определяли спектрофотометрическим методом и выражали в мг/л [16]. Все лабораторные исследования проводили на кафедре физиологии животных Института биологии и охраны среды Поморской Академии (г. Слупск, Польша) в рамках международного сотрудничества.

Полученные результаты статистически проанализировали с помощью пакета программы STATISTICA 10.0 (StatSoft, Poland). При статистической обработке данных, после процедуры анализа нормальности всех выборок с помощью критериев Шапиро-Уилки и Лиллифорса, высчитывали среднее арифметическое значение и погрешность. Достоверность различий параметров между группами лошадей УВП и голштинской породы оценивали за  $U$ -критерием суммы рангов Манна-Уитни. Достоверность различий между группами животных до и после физической нагрузки определяли по отклонению критерия Уилкоксона ( $p < 0,05$ ) [17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуя интенсивность процессов ПОЛ в крови, плазме и эритроцитах спортивных лошадей в состоянии покоя, мы установили, что все исследуемые показатели существенно отличаются у разных пород лошадей (рис. 2).

Нами показано, что содержание ТБК-активных продуктов в состоянии покоя было выше в крови и эритроцитах лошадей голштинской породы. А именно, содержание малонового диальдегида в крови этих лошадей было почти в два раза (на 90%,  $p = 0,003$ ), а в эритроцитах – в 2,5 раза выше (на 147%,  $p = 0,000$ ) по сравнению с таковым у лошадей УВП. Вместе с тем в плазме лошадей голштинской породы мы наблюдали самое низкое содержание маркеров окислительного стресса. Отличие показателей ПОЛ между исследуемыми группами лошадей в крови, плазме и эритроцитах обусловлено, возможно, интенсивностью и продолжительностью тренировочных нагрузок, некоторой их спецификой, а также условиями кормления. Исследуемые лошади голштинской породы, в силу определенных обстоятельств, принимали более активное участие в международных соревнованиях по преодолению препятствий, поэтому физические нагрузки этих лошадей происходили с очень высокой интенсивностью. К тому же довольно частые перевозки этих лошадей могли вызвать у них дополнительный стресс при транспортировке,

что также, возможно, способствовало интенсификации процессов ПОЛ. В отличие от группы лошадей голштинской породы, соревновательно-тренировочный период лошадей УВП был менее напряженным. Вместе с тем мы считаем, что высокий уровень интенсивности ПОЛ в эритроцитах лошадей обеих пород, вероятно, обусловлен особенностями строения эритроцитарных мембран. Эритроциты под влиянием кислорода и гемоглобина восприимчивы к окислительным повреждениям вследствие высокого содержания полиненасыщенных жирных кислот в их мембранах. Железо гемоглобина в аэробных условиях является потенциально сильным активатором процессов ПОЛ [18].

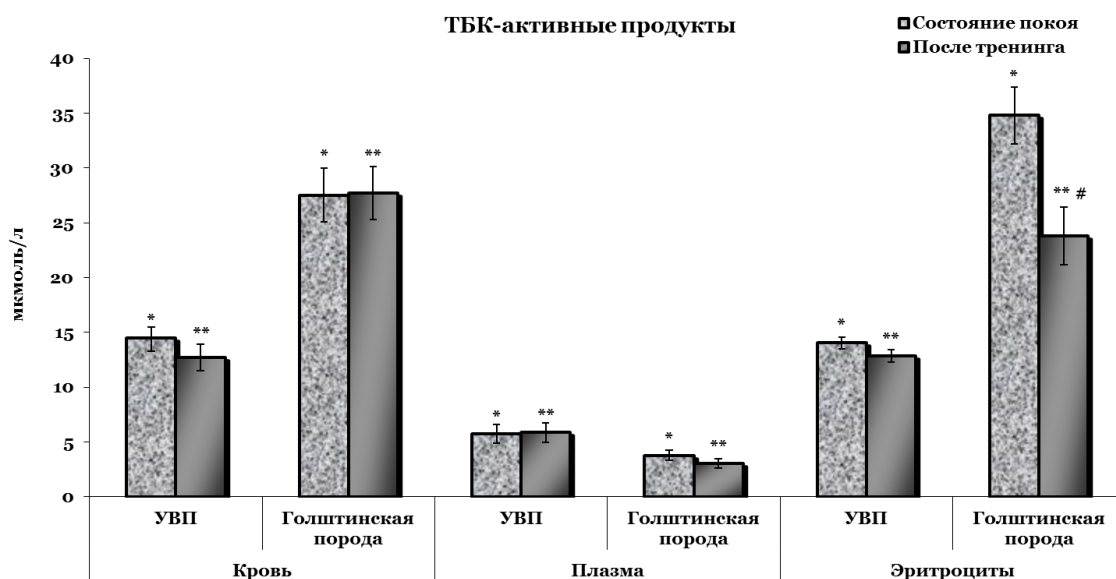


Рис. 2. Влияние тренинга на содержание ТБК-активных продуктов (уровень МДА) в крови, плазме и суспензии эритроцитов спортивных лошадей украинской верховой породы (УВП) и голштинской породы: \* – статистически достоверные изменения ( $p < 0,05$ ) между показателями лошадей УВП и голштинской породы в состоянии покоя (тест Манна-Уитни); \*\* – статистически достоверные изменения ( $p < 0,05$ ) между показателями лошадей УВП и голштинской породы после тренинга (тест Манна-Уитни); # – статистически достоверные изменения ( $p < 0,05$ ) между показателями в породной группе, полученными в состоянии покоя и после тренинга (тест Уилкоксона)

Fig. 2. Exercise impact on the 2-thiobarbituric acid reactive substances level (malonic dialdehyde level) in the blood, plasma and erythrocyte suspension of well-trained Ukrainian warmblood (UWB) and Holstein horses: \* means statistically significant changes ( $p < 0.05$ ) between indices in UWB and Holstein horses before exercise (Mann-Whitney  $U$  test); \*\* means statistically significant changes ( $p < 0.05$ ) between indices in UWB and Holstein horses after exercise (Mann-Whitney  $U$  test); # means statistically significant changes ( $p < 0.05$ ) between indices among the same breed group obtained before and after exercise (Wilcoxon test)

Примечательно, что после физических нагрузок у лошадей обеих пород наблюдали существенное снижение содержания ТБК-активных продуктов в эрит-

роцитах, но у голштинской породы оно было существенным (на 32%,  $p=0,002$ ), а у УВП несущественным (на 9%,  $p=0,162$ ) (см. рис. 2). Таким образом, в эритроцитах исследуемых групп лошадей концентрация ТБК-активных продуктов после физических нагрузок также существенно отличалась, и у лошадей голштинской породы уровень этих продуктов был на 86% выше ( $p=0,001$ ), чем у лошадей УВП. Несмотря на это, мы рассматриваем положительную тенденцию, связанную с уменьшением содержания ТБК-активных продуктов в эритроцитах спортивных лошадей после тренинга, что свидетельствует о повышении эффективности адаптационных процессов к физическим нагрузкам в их организме [6].

В ходе наших исследований было установлено, что уровень конечных продуктов процессов ПОЛ в крови и плазме лошадей исследуемых групп после физических нагрузок также существенно отличался: содержание ТБК-активных продуктов в крови лошадей голштинской породы было выше на 118% ( $p=0,000$ ), а в плазме – ниже на 48,5% ( $p=0,000$ ), чем у лошадей УВП. Возможно, это связано с условиями содержания и с интенсивностью физических нагрузок. Низкий уровень ТБК-активных продуктов в плазме исследуемых лошадей был вызван, вероятно, модификацией системы антиоксидантной защиты, направленной на элиминирование АФК во время физических нагрузок. Установленное нами снижение уровня ТБК-активных продуктов в эритроцитах спортивных лошадей после тренировки свидетельствует об эффективных адаптационных изменениях к систематическим физическим нагрузкам. Последнее сопровождается модификацией метаболических процессов в направлении замедления интенсивности протекания окислительного стресса (см. рис. 2).

В биологических мембранах окислению подлежат преимущественно полиненасыщенные жирные кислоты, и определение диеновой конъюгации является достаточно чувствительным тестом оценки образования свободных радикалов и ацилгидроперекисей (первичных продуктов ПОЛ) [19]. Следующим этапом наших исследований был анализ количественных изменений прооксидативных маркеров: диеновых конъюгатов и молекул средней массы в крови лошадей под влиянием физических нагрузок (рис. 3).

В результате проведенных нами исследований установлено, что у лошадей УВП в состоянии покоя содержание диеновых конъюгатов было выше на 61% ( $p=0,013$ ), чем у лошадей голштинской породы (рис. 3, А), что обусловлено, очевидно, интенсивностью образования свободных радикалов в крови лошадей УВП в таком состоянии. Лошади УВП в состоянии покоя имели также несущественно высшее (на 16%,  $p=0,983$ ) содержание молекул средней массы. Высокое содержание диеновых конъюгатов и МСМ в плазме лошадей УВП, находящихся в условиях систематических тренировок, очевидно, является неспецифическим признаком интенсивности протекания свободнорадикальных реакций в состоянии покоя.

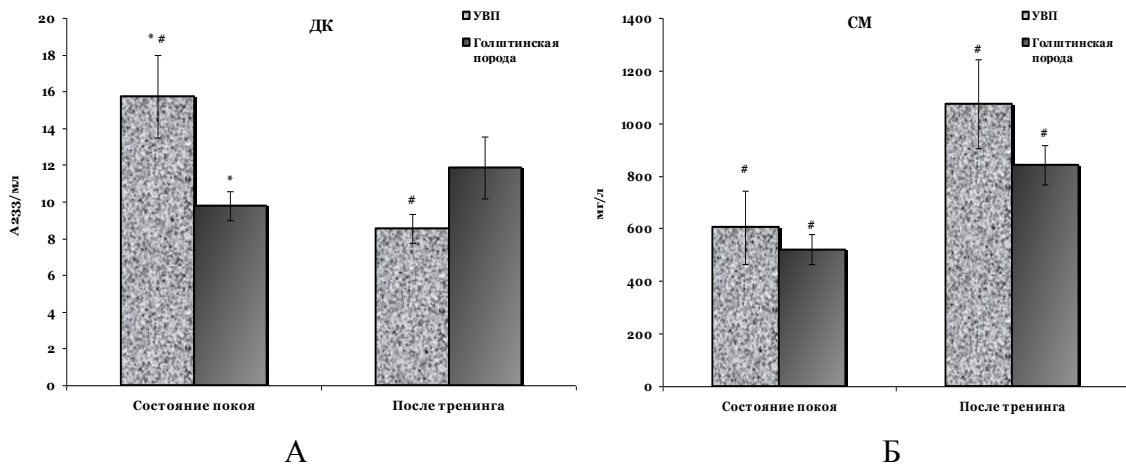


Рис. 3. Содержание диеновых конъюгатов (ДК, А) и средних молекул (СМ, Б) в плазме крови лошадей УВП и голштинской породы в динамике тренинга:

\* и # – см. рис. 2

Fig. 3. The content of diene conjugates (A) and medium-sized molecules (B) in the plasma of Ukrainian warmblood and Holstein horses before and after exercise:

\* and # - see Fig. 2

В свою очередь, после физических нагрузок мы наблюдали разнонаправленные изменения содержания ДК и МСМ в исследуемых группах животных (рис. 3). В частности, у лошадей УВП физические нагрузки вызвали достоверное снижение содержания ДК (на 46%,  $p=0,019$ ), а у лошадей голштинской породы уровень ДК после физических нагрузок несущественно возрастал (на 21%,  $p=0,309$ ) (рис. 3, А). Поскольку диеновая конъюгация определяется на стадии образования свободных радикалов [19], то установленное нами существенное уменьшение ДК в плазме лошадей УВП после тренинга свидетельствует, возможно, об активации антиоксидантной системы защиты под воздействием физических нагрузок с целью элиминации вредных воздействий свободных радикалов. Наши предыдущие исследования подтверждают это предположение [6-8].

Содержание МСМ в обеих группах исследуемых нами пород лошадей после физических нагрузок существенно возрастало: у лошадей УВП – на 78% ( $p=0,011$ ), а голштинской породы – на 62% ( $p=0,009$ ) (рис. 3, Б). Поскольку физические нагрузки для спортивных лошадей также являются стрессом, то увеличение МСМ в их плазме после тренинга свидетельствует об интенсификации протекания процессов ПОЛ в зависимости от исходного уровня метаболических процессов.

## ВЫВОДЫ

1. Систематические физические нагрузки у лошадей сопровождаются развитием специфических адаптационных механизмов к окислительному стрессу. В частности, существенные различия в содержании маркеров окислительного стресса у лошадей украинской верховой и голштинской пород в динамике тренинга могут быть подтверждением развития адаптационных реакций в зависимости от генотипических и паратипических факторов. Нами установлена более высокая интенсивность протекания процессов перекисного окисления липидов в крови и эритроцитах

лошадей голштинской породы, что связано с большой напряженностью их тренировочных нагрузок по сравнению с лошадьми украинской верховой породы.

2. Положительной тенденцией влияния систематических тренировок на организм спортивных лошадей является снижение содержания ТБК-активных продуктов в суспензии эритроцитов после физической нагрузки, что свидетельствует о формировании эффективных адаптационных реакций в их организме.

3. Специфическим признаком у лошадей украинской верховой породы было высшее содержание первичных продуктов перекисного окисления полиненасыщенных жирных кислот (диеновых конъюгатов), которое существенно снижалось после физических нагрузок, что указывает на элиминацию свободных радикалов в их организме под влиянием систематических тренировок по сравнению с лошадьми голштинской породы.

4. У лошадей украинской верховой породы было существенно высшее содержание молекул средней массы после физических нагрузок по сравнению с лошадьми голштинской породы. Это свидетельствует о неодинаковой интенсивности процессов ПОЛ у спортивных лошадей с различным уровнем метаболических процессов.

5. Исследование особенностей метаболических процессов, связанных с интенсивностью окислительного стресса, у спортивных лошадей на разных этапах соревновательно-тренировочной деятельности остается актуальным, поскольку позволяет изучать адаптационные процессы к физическим нагрузкам различного объема и интенсивности, оценивать уровень тренированности и определять факторы, лимитирующие их работоспособность. Дальнейшее исследование про- и антиоксидантного баланса спортивных лошадей в динамике тренинга будет способствовать научному обоснованию оценки адекватности физических нагрузок и разработки эффективных коррекционных тренировочных программ.

*Это исследование проводилось в рамках стипендиальной программы Анастасии Андрийчук (N51200912) при поддержке Международного Вышеградского фонда на кафедре физиологии животных Института биологии и охраны окружающей среды Поморского университета (Слупск, Польша). Мы благодарим Международный Вышеградский фонд за поддержку наших исследований.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ласков, А. А. Подготовка лошадей к олимпийским видам конного спорта / А. А. Ласков. – Дивово: ВНИИ коневодства, 1997. – 241 с.
2. Нероденко, В. В. Биологические основы спортивной тренировки в конном спорте / В. В. Нероденко. – Черкассы, 2009. – 412 с.
3. Chiaradia E. Physical exercise, oxidative stress and muscle damage in racehorses / Chiaradia E., Avellini L., Rueca F., Spaterna A., Porciello F., Antonioni M.T., Gaiti A // Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, Biochemistry and Molecular Biology. – 1998. – N 119.– P. 833-836.
4. Art T., Lekeux P. Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses // Livestock Production Science. – 2005. – N 92. – P. 101-111.
5. Kirschvink N. The oxidant/antioxidant equilibrium in horses / Kirschvink N., de Moffarts B., Lekeux P.// The Veterinary Journal. – 2008. – Vol. 177. – P. 178-191.



6. Андрійчук А. В. Маркери оксидативного стресу у коней, що використовуються у виїзді в динаміці тренінгу / Андрійчук А. В., Ткачова І. В., Ткаченко Г. М., Кургалюк Н. М., Вартовник М. С. // Природничий Альманах. Біологічні науки, збірник наукових праць. – 2012. – В. 17. – С. 32-43.
7. Оксидативный стресс у спортивных лошадей под влиянием физических нагрузок / А. В. Андрійчук [и др.] // Научное обеспечение развития коневодства: Междунар. науч.-практ. конф.: труды – Дивово, 2012. – С. 93-98.
8. Tkachenko H. Impact of training on blood pro- and antioxidant balance of trained horses. / H. Tkachenko, A. Andriichuk, N. Kurhalyuk, K. Zalewska, I. Tkachova // Abstracts of International Conference “Horse welfare”, 2011, 3-4 December, Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Poland. – P. 33.
9. Андрійчук А. В. Зміни резистентності еритроцитів периферійної крові у спортивних коней під впливом фізичних навантажень / Андрійчук А. В., Ткачова І. В., Ткаченко Г. М., Кургалюк Н. М., Матюха І. О. // Науково-технічний бюлетень. – 2012. – Т. 13, № 3-4. – С. 93-98.
10. Kinnunen S. Effects of prolonged exercise on oxidative stress and antioxidant defense in endurance horse / Kinnunen S., Atalay M., Нууппä S., Lehmuskero A., Hänninen O., Oksala N. // Journal of Sports Science and Medicine. –2005.–Vol. 4 – P. 415-421.
11. Marlin D. J. Changes in circulatory antioxidant status in horses during prolonged exercise / Marlin D. J., Fenn K., Smith N., Deaton C. D., Roberts C. A., Harris P. A., Dunster C., Kelly F. G. // The Journal of Nutrition.– 2002.– Vol. 132.– P. 162-167.
12. Антонов, А. В. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита у троеборных лошадей в соревновательный период / А. В. Антонов // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 6. – С. 47-49.
13. Андрійчук А. В. Гематологічні показники та прооксидативні маркери у крові кобил арабської чистокровної та великопольської порід./ Андрійчук А. В., Ткачова І. В., Ткаченко Г. М., Кургалюк Н. М. / Природничий Альманах. Біологічні науки, збірник наукових праць. – 2012. – В. 17. – С. 17-31.
14. Глазков Е. О., Раздайбедін В. М. Вплив кварцетину на показники системи антиоксидантного захисту організму спортсменів при інтенсивному фізичному // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. – 2010. – № 24 (211). – С. 31-35.
15. Громашевская, Л. Л. Средние молекулы как один из показателей метаболической интоксикации в организме / Л. Л. Громашевская // Лабораторна діагностика. – 1997. – №1. – С. 11-16.
16. Камышников, В. С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / В. С. Камышников. – Москва: Медпрессинформ, 2004.
17. Zar J. H. Biostatistical Analysis. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1999.
18. Clemens M. R., Waller H. D. Lipid peroxidation in erythrocytes // Chem. Phys. Lipids. – 1987. – N45. – P. 251-268.
19. Владимиров, Ю. А. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах / Ю. А. Владимиров, А. И. Арчаков. – Москва: Наука, 1972.

## REFERENCES

1. Laskov A.A. *Podgotovka loshadey k olimpiyskim vidam konnogo sporta* [Dressage for the Olympic equestrian sports]. VNIИ konevodstva, 1997, 241 p.

2. Nerodenko V.V. *Biologicheskie osnovy sportivnoy trenirovki v konnom sporte* [Biological basis for horse trainings]. Cherkassy, 2009, 412 p.
3. Chiaradia E., Avellini L., Rueca F., Spaterna A., Porciello F., Antonioni M.T., Gaiti A. Physical exercise, oxidative stress and muscle damage in racehorses. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B. Biochemistry and Molecular Biology*. 1998, no. 119, pp. 833-836.
4. Art T., Lekeux P. Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses. *Livestock Production Science*. 2005, no. 92, pp. 101-111.
5. Kirschvink N., de Moffarts B., Lekeux P. The oxidant/antioxidant equilibrium in horses. *The Veterinary Journal*. 2008, vol. 177, pp. 178-191.
6. Andriychuk A.V., Tkachova I.V., Tkachenko G.M., Kurgalyuk N.M., Vartovnik M.S. Markeri oksidativnogo stresu u koney, shcho vikoristovuyut'sya u viizdtsi v dinamitsi treningu. *Prirodnichiy Al'manakh. Biologichni nauki, zbirnik naukovikh prats'*. 2012, vol. 17, pp. 32-43.
7. Andriychuk A.V., Tkachova I.V., Tkachenko G.M., Kurgalyuk N.M. Oksidativnyy stress u sportivnykh loshadey pod vliyaniem fizicheskikh nagruzok [Oxidative stress among equine athletes during physical exercise]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauchnoe obespechenie razvitiya konevodstva»* [Proceedings of the International panel conference "Scientific support for horse breeding development"]. Divovo, 2012, pp. 93-98.
8. Tkachenko H., Andriichuk A., Kurhalyuk N., Zalewska K., Tkachova I. Impact of training on blood pro- and antioxidant balance of trained horses. Abstracts of International Conference "Horse welfare", 2011, 3-4 December, Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Poland, 33 p.
9. Andriychuk A.V., Tkachova I.V., Tkachenko G.M., Kurgalyuk N.M., Matyukha I.O. Zmini rezistentnosti eritrotsitiv periferiynoï krovi u sportivnykh koney pid vplivom fizichnykh navantazhen'. *Naukovo-tekhnichniy byuletyn'*, 2012, vol. 13, no. 3-4, pp. 93-98.
10. Kinnunen S., Atalay M., Hyypä S., Lehmuskero A., Hänninen O., Oksala N. Effects of prolonged exercise on oxidative stress and antioxidant defense in endurance horse. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2005, vol. 4, pp. 415-421.
11. Marlin D.J., Fenn K., Smith N., Deaton C.D., Roberts C.A., Harris P.A., Dunster C., Kelly F.G. Changes in circulatory antioxidant status in horses during prolonged exercise. *The Journal of Nutrition*. 2002, vol. 132, pp. 162-167.
12. Antonov A.V. Perekisnoe okislenie lipidov i antioksidantnaya zashchita u troebornykh loshadey v sorevnovatel'nyy period [Lipids peroxidation and antioxidant defense of triathlon horses during contest season]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology]. 2010, no. 6, pp. 47-49.
13. Andriychuk A.V., Tkachova I.V., Tkachenko G.M., Kurgalyuk N.M. Gematologichni pokazniki ta prooksidativni markeri u krovi kobil arabs'koï chistokrovnoï ta velikopol'skoï porid. *Prirodnichiy Al'manakh. Biologichni nauki, zbirnik naukovikh prats'*. 2012, vol. 17, pp. 17-31.
14. Glazkov E.O., Razdaybedin V.M. Vpliv kvartsetinu na pokazniki sistemi antioksidantnogo zakhistu organizmu sportsmeniv pri intensivnomu fizichnomu. *Visnik KNU imeni Tarasa Shevchenka*. 2010, no. 24 (211), pp. 31-35.

15. Gromashevskaya L.L. Srednie molekuly kak odin iz pokazateley metabolicheskoy intoksikatsii v organizme [Medium-sized molecules as an indicator of metabolic intoxication in an organism]. *Laboratorna diagnostika*. 1997, no. 1, pp. 11-16.

16. Kamyshnikov V.S. *Spravochnik po kliniko-biokhimicheskim issledovaniyam i laboratornoy diagnostike* [Guide on clinic-biochemical studies and laboratory diagnostics]. Moscow, Medpressinform, 2004.

17. Zar J.H. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1999.

18. Clemens M.R., Waller H.D. Lipid peroxidation in erythrocytes. *Chem. Phys. Lipids*. 1987, no. 45, pp. 251-268.

19. Vladimirov Yu.A., Archakov A.I. *Perekisnoe okislenie lipidov v biologicheskikh membranakh* [Lipids peroxidation in biological membrane]. Moscow, Nauka [Science], 1972.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Андрийчук Анастасия Васильевна* – Институт животноводства Национальной академии аграрных наук Украины, пгт. Кулинич, Харьковский район, Харьковская область; аспирант; E-mail: anastasia.pohlyad@gmail.com

*Andriichuk Anastasiya Vasiljevna* – Institute of Animal Science, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, the urban-type village Kulinichi, the Kharkov region; Post-graduate student; E-mail: anastasia.pohlyad@gmail.com

*Ткаченко Галина Михайловна* – Институт биологии и охраны среды Поморского университета (Слупск, Польша); кандидат биологических наук, докторант; E-mail: tkachenko@apsl.edu.pl

*Tkachenko Galina Mikhailovna* – Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University (Slupsk, Poland), Candidate of Biological Sciences; Doctoral student; E-mail: tkachenko@apsl.edu.pl

*Ткачова Ирина Владимировна* – Институт животноводства Национальной академии аграрных наук Украины, пгт. Кулинич, Харьковский район, Харьковская область; заведующая отделом коневодства; E-mail: i-tkachova@yandex.ru

*Tkachova Irina Vladimirovna* – Institute of Animal Science, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, the urban-type village Kulinichi, the Kharkov region; Head of the Horse-breeding Department; E-mail: i-tkachova@yandex.ru

*Вартовник Михаил Семенович* – Детско-юношеская спортивная школа по конному спорту «Буревестник», руководитель, Украина, г. Львов

*Vartovnik Mikhail Semenovich* – Equestrian Sports School for Children and Youth «Burevestnik», Head, Ukraine, Lvov