

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 575.17+599.723.2+ 502.1

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-3-275-282>

Поступила в редакцию 27.05.2020

Received 27.05.2020

Е. Э. Хейдорова¹, М. Е. Никифоров¹, К. В. Гомель¹, А. В. Шпак¹,
В. В. Шакун¹, В. Ч. Домбровский¹, М. Г. Шквыря²

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

²Киевский зоологический парк общегосударственного значения, Киев, Украина

АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА МИТОХОНДРИАЛЬНОГО МАРКЕРА D-LOOP ЛОШАДИ ПРЖЕВАЛЬСКОГО *EQUUS CABALLUS PRZEWALSKII* POLJAKOV, 1881 И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ ВИДА В БЕЛАРУСИ

Аннотация. В статье впервые приводятся данные по гаплотипическому разнообразию популяции лошади Пржевальского в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) и обсуждаются вопросы охранного статуса данного вида на территории Беларуси. Показано, что в настоящее время лошадь Пржевальского постоянно обитает на территории зоны отчуждения ЧАЭС в виде устойчивой популяционной группировки в условиях естественной свободы, для особей которой характерны типичный экстерьер и гаплотипическое своеобразие. Данные генетического анализа, проведенного на основе полиморфизма контрольного региона D-loop митохондриальной ДНК, показывают, что популяция лошадей Пржевальского имеет одинаковый гаплотип с особями украинской части популяции и выраженную генетическую дистанцию от других потомков этого вида из Аскании-Нова. Исходя из очень низкой численности лошади Пржевальского в мире и, соответственно, ее высокого международного природоохранного статуса, а также учитывая ценность и значимость свободно живущей популяции в зоне отчуждения ЧАЭС для естественного выживания вида в целом, вид *Equus caballus przewalskii* рекомендован для занесения в Красную книгу Республики Беларусь.

Ключевые слова: лошадь Пржевальского, зона отчуждения ЧАЭС, Красная книга, гаплотипы, мтДНК, D-loop

Для цитирования: Анализ полиморфизма митохондриального маркера D-loop лошади Пржевальского *Equus caballus przewalskii* Poljakov, 1881 и предложения по сохранению вида в Беларуси / Е. Э. Хейдорова [и др.] // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 3. – С. 275–282. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-3-275-282>

Ekaterina E. Kheidorova¹, Mikhail E. Nikiforov¹, Kanstantin V. Homel¹, Aleksey V. Shpak¹,
Vasilij V. Shakun¹, Valeriy Ch. Dombrovski¹, Marina G. Shkviryra²

¹Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus

²Kiev Zoological Park of national importance, Kiev, Ukraine

ANALYSIS OF D-LOOP MITOCHONDRIAL MARKER POLYMORPHISM OF PRZEWALSKY HORSES *EQUUS CABALLUS PRZEWALSKII* POLJAKOV, 1881 AND PROPOSALS FOR THE SPECIES CONSERVATION IN BELARUS

Abstract. The article presents the first data on the haplotype diversity of the Przewalsky horse population in the Chernobyl exclusion zone and discusses the conservation status of this species in Belarus. It is shown that at present the Przewalsky horse constantly lives in the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant in the form of a stable population group of individuals with a typical exterior and a haplotypic originality in a state of natural freedom. Data from a genetic analysis based on polymorphism of the control region of the D-loop mitochondrial DNA show that the Przewalsky horse population has the same haplotype with individuals of the Ukrainian part of the population and a pronounced genetic distance from other descendants of this species from Askania-Nova. Based on the rarity of the Przewalsky horse in the world and, accordingly, the high international conservation status, and also taking into account the value and significance of a freely living population in the Chernobyl exclusion zone for the natural survival of the species as a whole the species *Equus caballus przewalskii* is recommended for inclusion in the Red Book of the Republic of Belarus.

Keywords: Przewalsky horse, Chernobyl exclusion zone, Red Book, haplotypes, mtDNA, D-loop

For citation: Kheidorova E. E., Nikiforov M. E., Homel K. V., Shpak A. V., Shakun V. V., Dombrovski V. Ch., Shkviryra M. G. Analysis of D-loop mitochondrial marker polymorphism of Przewalsky horses *Equus caballus przewalskii* Poljakov, 1881 and proposals for the species conservation in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 3, pp. 275–282 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-3-275-282>

Введение. Лошадь Пржевальского внесена в международную Красную книгу МСОП (IUCN Status Survey and Conservation Action Plan) со статусом *endangered* (угрожаемый вид). Мировая популяция лошади Пржевальского прошла через «бутылочное горлышко», т. е. радикальное снижение численности, чреватое значительной потерей генетического разнообразия, в середине 1960-х годов [1, 2]. Современная мегапопуляция лошадей Пржевальского ведет происхождение от 13 животных-основателей, 12 из которых относились к виду *Equus przewalskii* и 1 – к *Equus caballus* [3]. Однако в первые годы разведения в неволе число основателей популяции сократилось, поскольку две пары особей оставили только по одному потомку. Таким образом, современные популяции лошадей Пржевальского несут генетический материал 11 особей своего вида. В ходе дальнейшего разведения вида утрата его генофонда продолжалась до 1970-х годов [4], однако после принятия ряда эффективных решений этот негативный процесс удалось остановить. Источником информации по генеалогии лошадей Пржевальского служит Родословная книга лошади Пржевальского [5].

Обзор статуса и план действий по сохранению видов лошадиных, подготовленный МСОП, был опубликован в 2002 г. В нем указано, что необходимы поиск дополнительных мест реинтродукции, подробный мониторинг состояния поголовья, предотвращение гибридизации с домашними лошадьми в созданных природных популяциях, генетический контроль всех особей для минимизации эффектов инбридинга [6].

История появления лошади Пржевальского в Беларуси начинается с 1998 г., когда биосферный заповедник «Аскания-Нова» запустил программу по созданию свободноживущих популяций лошади Пржевальского в Чернобыльской зоне отчуждения на территории Украины [7]. Лошади из этого заповедника успешно адаптировались и с течением времени стали расселяться на соседние территории.

В 2007 и 2010 гг. в Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ) с территории Украины самостоятельно перешли две группы лошадей Пржевальского, каждая из которых состояла из жеребца и двух кобыл. Данные группы стали основателями двух территориально разобщенных репродуктивных табунов, обитающих на правом берегу р. Припять (Наровлянская часть заповедника) на площади 2 и 4 тыс. га. С 2009 г. отмечено регулярное размножение вида в заповеднике [8, 9]. В последующие годы произошло дальнейшее расселение и значительное увеличение численности лошади Пржевальского. Территория обитания в настоящее время охватывает Наровлянскую и Хойникскую части заповедника. Численность лошадей в заповеднике осенью 2018 г. составила около 50 особей. Весной 2019 г. она снизилась до 20–30 особей, что было обусловлено, скорее всего, обратной миграцией части табунов на территорию Украины. Такие переходы как в одну, так и в другую сторону наблюдались в заповеднике неоднократно. По информации украинских коллег, на украинской части зоны отчуждения обитает около сотни особей. Таким образом, популяция лошадей Пржевальского, обитающая в зоне отчуждения ЧАЭС на территории Беларуси и Украины, стала самой крупной свободно живущей дикой популяцией лошадей Пржевальского в мире.

В Полесском заповеднике лошади предпочитают территории бывших населенных пунктов как специфических местообитаний, отличающихся относительным богатством и мозаичностью растительного покрова. Стоянки лошадей часто отмечаются в пустующих каменных постройках – коровниках, конюшнях и свинокомплексах, которые используются лошадьми для отдыха, защиты от насекомых и непогоды. Другие биотопы (леса различных типов, поймы рек и пр.), как правило, являются для лошадей транзитными зонами. Противопожарные полосы, расположенные в районе обитания лошадей, интенсивно используются ими как торные тропы при обходе своего участка и для принятия песочных ванн [1, 9–11].

Большинство работ в заповеднике по изучению численности лошадей, их питания, территориального распределения, биотопических предпочтений и особенностей использования антропогенных сооружений базируется пока на небольшом фактическом материале, что связано со спецификой обитания животных на загрязненной радионуклидами территории и их высокой мобильностью.

Несмотря на высокую международную природоохранную значимость, статус лошади Пржевальского в Беларуси до недавнего времени по многим параметрам оставался неопределенным, что делает важным исследования особенностей биологии и экологии популяции этого вида

на украинской и белорусской частях зоны отчуждения ЧАЭС. Изолированное существование данной популяции, а также обитание в свободном состоянии в течение ряда лет и предполагаемая возможность контактов с домашними лошадьми обуславливают необходимость проведения молекулярно-генетического анализа для установления генетического статуса особей.

Целью работы было провести в рамках Государственной программы по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. первые генетические исследования популяционного статуса лошадей Пржевальского, обитающих на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, и дать научное заключение для установления охранного статуса данного вида.

Материалы и методы исследования. ДНК-анализ проводили по стандартным методикам на основе образцов экскрементов и шерсти лошадей Пржевальского, собранных в ПГРЭЗ. Исследованиями была охвачена примерно треть популяции лошадей Пржевальского (13 животных) белорусской зоны отчуждения из шести б. н. п. Наровлянского района: Довляды, Вепры, Белая Сорока, Тихин, Березовка, Дубровы. В анализ также был включен один образец мышечной ткани от лошади Пржевальского Чернобыльского радиационно-экологического биосферного заповедника (ЧРЭБЗ), переданный коллегами из Украины (см. таблицу).

Характеристика проб полевого материала, использованного в изучении генетического статуса лошадей Пржевальского

Characterization of samples of field material used in the study of the genetic status of Przewalsky horses

Образец	Локализация	Дата сбора	Источник ДНК	Примечание
Eq4_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Довляды	23.03.2018	Экскременты	Взрослая самка
PH1_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Довляды		Шерсть	
PH2_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Березовка	12.04.2018	Шерсть	
PH3_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Березовка	12.04.2018	Шерсть	
PH4_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Березовка	12.04.2018	Шерсть	
PH5_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Вепры	11.04.2018	Шерсть	
PH6_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Белая Сорока		Шерсть	
PH7_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Довляды		Шерсть	
PH8_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Белая Сорока		Шерсть	
PH9_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Довляды	15.03.2017	Шерсть	
PH10_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Дубровы		Шерсть	
PH11_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Тихин		Шерсть	Взрослый самец, табунный
PH12_Bel	Беларусь, ПГРЭЗ, б. н. п. Тихин		Шерсть	
PH22_Ukr	Украина, ЧРЭБЗ		Мышцы	

Пробы шерсти замачивали на 5 мин в 2 %-ном растворе додецилсульфата натрия, после чего прополаскивали в деионизированной воде 3 раза и высушивали пассивно. Экстракцию ДНК проводили с использованием коммерческого набора «Арт ДНК Мини Эксперт» производства «АртБиоТех» (Беларусь) по протоколу, рекомендованному производителем, с модификациями: для улучшения лизиса шерсти во все образцы добавляли протеиназу К (1 мг/мл) и DTT (0,1 М). Лизис проводили при 56 °С в течение ночи. Концентрация полученных препаратов ДНК измерялась спектрофотометрически и составляла от 3 до 27 нг/мкл.

Пробы внешнего края фекалий перед выделением ДНК встряхивали на вортексе и заливали 96 %-ным спиртом. Смесь центрифугировали (1700 g, 10 мин), чтобы осадить содержащиеся в ней эпителиальные клетки. Супернатант удаляли, а осадок вновь заливали 96 %-ным спиртом. Процедуру повторяли троекратно. Затем высушивали осадок до полного удаления этанола. Выделение ДНК производили в соответствии с инструкцией производителя (Macherey Nagel) по оптимизированному протоколу для экскрементов, используя набор NucleoSpin® Tissue.

Для подтверждения видовой принадлежности полученных образцов ДНК и анализа гаплотипического полиморфизма лошадей Пржевальского нами выбран достаточно информативный участок митохондриального маркера D-loop. Для наработки целевого фрагмента использованы универсальные

праймеры P-L5 (5'-TCCTACCATCAGCACCCAAAGC-3') и T-H5 (5'-TTGACTGTATGGGGTATGTAC-3'), предложенные G. S. Wilkinson, A. M. Chapman [12].

Аmplификацию проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 10×буфер, 3 мМ MgCl₂; 10×dNTPs; по 10 pmol каждого праймера; 500 единиц Taq-полимеразы («Праймтех», Беларусь) и 10–100 нг ДНК. Для наработки достаточного количества участка гена D-loop проводили ре-амплификацию со следующим составом реакционной смеси: 10×буфер, 3 мМ MgCl₂, 10×dNTPs (по 15 pmol каждого праймера); 2500 единиц Taq-полимеразы («Праймтех», Беларусь); 2 мкл BSA; 1 мкл DMSO и 10–100 нг ПЦР-продукта. Условия проведения ПЦР: предварительная денатурация при 94 °C 4 мин; 30 циклов денатурации (94 °C, 30 с), отжига (58 °C, 45 с) и элонгации (72 °C, 1 мин); окончательная достройка цепей (72 °C, 20 мин).

Для очистки получившихся ПЦР-продуктов использовали протокол коммерческого набора Cleanup Standard (Евроген, Россия). Очищенные ПЦР-продукты секвенировали с использованием GenomLab Dye Terminator Cycle Sequencing with Quick Start Kit (Beckman Coulter, Германия) и системы генетического анализа GenomeLAB GEXP (Beckman Coulter, Германия).

В сравнительный анализ гаплотипического разнообразия лошадей Пржевальского на основе участков контрольного региона D-петли были вовлечены также нуклеотидные последовательности как диких, так и домашних лошадей из GenBank NCBI, в том числе от древних лошадей (HM581895.1 Eq.cab. Eclipse-Tibia United Kingdom hist. bone; KF197204.1 Eq.cab. BOR005 arch. Hungary: Budaors), от племенных лошадей различных пород (AF014413.2 Eq.cab. Mongolian horse, AF354441.1 Eq.cab. Cheju horse, KF038161.1 Eq.cab. Jeju03, JF951840.1 Eq.cab. H07 Hucul horses Czech Republic, KF197588.1 Eq.cab. IR040 Local Kyrgyz) и от лошадей Пржевальского с известными родословными (KT368743.1 Eq.prz. KB7848_SB528_Vjuga, KT368742.1 Eq.prz. KB7713_SB524_Viola, AP013094.1 Eq.prz. NOUMA1).

Результаты и их обсуждение. Все расшифрованные нуклеотидные последовательности участка контрольного региона D-loop мтДНК от лошадей Пржевальского как белорусской, так и украинской части зоны отчуждения ЧАЭС принадлежали к одному гаплотипу.

Дендрограмма генетических различий по участку контрольного региона D-петли мтДНК, построенная по методу максимального правдоподобия по модели Hasegawa–Kishino–Yano с учетом G-дистанций и высокой поддержкой бутстрепа (рис. 1), подтверждает видовую принадлежность исследованных образцов и четко указывает на наличие генетической дистанции между популяциями лошади Пржевальского из зоны отчуждения (белорусские и украинские образцы представлены одним гаплотипом) и предковой линией, ведущей свое происхождение из Аскании-Нова, что может свидетельствовать о наличии дивергенции. Обнаружение гаплотипа, не характерного для других особей из Аскании-Нова, еще больше повышает ценность описываемой свободноживущей группировки для сохранения вида и расселения в другие местообитания. С другой стороны, вопрос формирования гаплотипической уникальности данной группировки вызывает научный интерес и требует более глубоких генетических исследований.

Отсутствие гаплотипического разнообразия по консервативному участку гена *D-loop* популяции лошадей Пржевальского зоны отчуждения и генетическую дистанцию в отношении других потомков диких лошадей из Аскании-Нова, а также домашних лошадей более наглядно отображает парсимониальная сеть. Как видно из рис. 2, гаплотип, выявленный в зоне отчуждения ЧАЭС (SQ1), отстоит на две нуклеотидные замены от гаплотипа, характерного для других потомков лошадей Пржевальского из Аскании-Нова (SQ3), и на дистанцию в диапазоне от 2 до 6 замен от гаплотипов домашних лошадей (SQ4–SQ6), в том числе древних их представителей (SQ9, SQ10).

Принимая во внимание данные экологического и генетического анализа, можно констатировать, что в настоящее время на территории Республики Беларусь лошадь Пржевальского постоянно обитает в виде устойчивой популяционной группировки из генетически ценных особей с типичным экстерьером и гаплотипическим своеобразием в условиях естественной свободы.

В соответствии с принятыми определениями в Законе Республики Беларусь «О животном мире» от 10 июля 2007 г. № 257-З (в ред. Законов Республики Беларусь от 10.11.2008 № 444-З, 02.07.2009 № 32-З, 04.01.2010 № 109-З, 17.05.2011 № 261-З, 22.01.2013 № 18-З) лошадь Пржевальского (в составе всей ее дикой популяции в границах Беларуси) относится к объектам животного

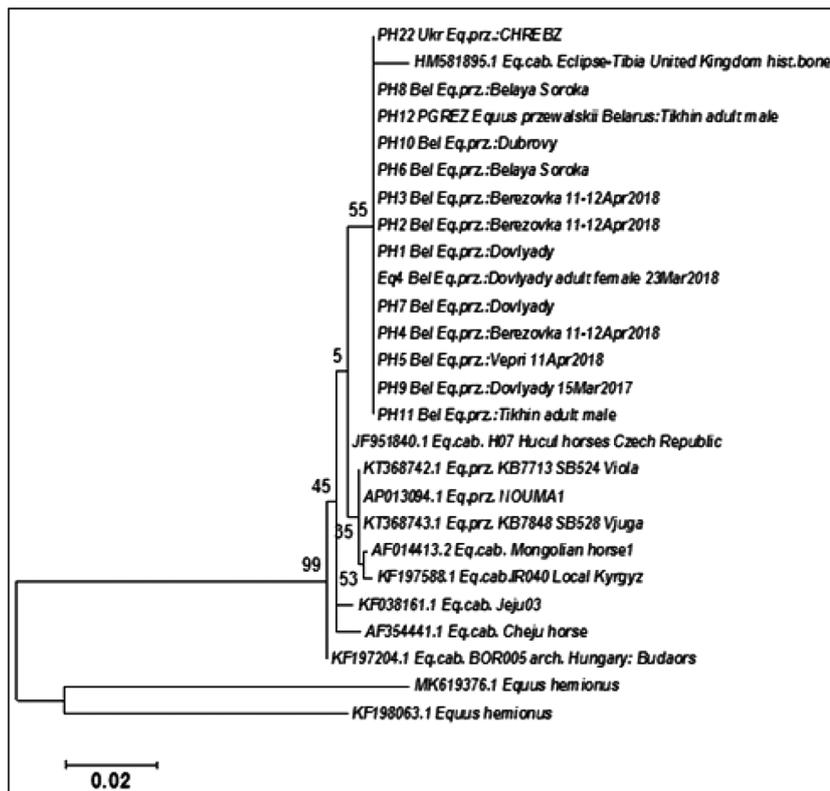


Рис. 1. Дендрограмма генетических различий по участку контрольного региона D-петли мтДНК лошадей Пржевальского и домашних лошадей (ML-метод, модель НКY + G, IB = 500)

Fig. 1. Dendrogram of genetic differences in the control region of the mtDNA D-loop of Przewalsky horses and domestic horses (ML-method, model NKY + G, IB = 500)

мира и подпадает под действие вышеупомянутого Закона, а в соответствии со ст. 6 Закона находится в собственности государства. На этом основании данный вид, включенный в списки позвоночных животных ПГРЭЗ, может быть включен также во все списки фауны Беларуси. Других специальных действий по легализации ее как вида фауны Беларуси не требуется.

Однако для лошади Пржевальского, как и для любого биологического вида, требуется установление мер государственного регулирования и управления в области охраны и использования. Согласно ст. 2 Закона о животном мире, отношения, связанные с охраной и использованием животного мира на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на ЧАЭС, регулируются законодательством об охране и использовании животного мира,

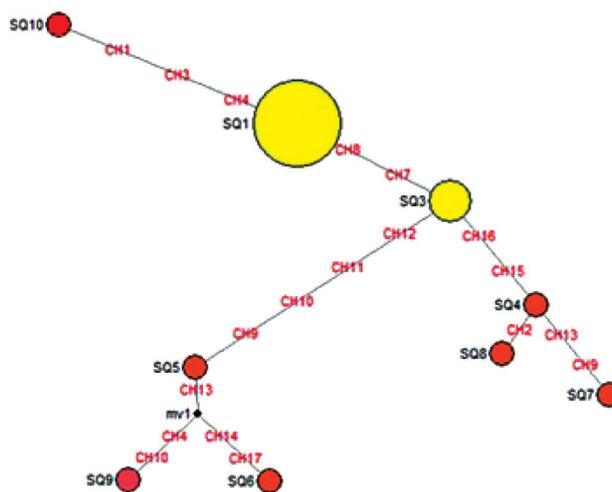


Рис. 2. Парсимониальная сеть гаплотипов диких и домашних лошадей из различных регионов на основании полиморфизма D-лооп мтДНК. Желтые круги – гаплотипы лошадей Пржевальского, оранжевые – гаплотипы домашних лошадей, розовый и красный – гаплотипы исторических лошадей

Fig. 2. Parsimonial network of wild and domestic horse haplotypes from various regions based on D-loop mtDNA polymorphism. The yellow circles are the haplotypes of Przewalsky horses, the orange circles are the haplotypes of domestic horses, the pink and red circles are the haplotypes of historical horses

если иное не установлено соответственно законодательством о Государственной границе Республики Беларусь и законодательством о правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на ЧАЭС.

В соответствии со ст. 8 Закона о животном мире Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь устанавливает в случаях и порядке, установленных Законом и иными законодательными актами, ограничения, запреты или другие меры в отношении охраны, изъятия, содержания и (или) разведения в неволе, экспонирования диких животных, в том числе диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и к видам, подпадающим под действие международных договоров Республики Беларусь. При этом определение размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде физическими и юридическими лицами в результате незаконного изъятия или уничтожения диких животных и вредного воздействия на среду их обитания, находится в компетенции Президента Республики Беларусь.

Как было показано выше, современная численность лошади Пржевальского в нашей стране чрезвычайно низка, а ее распространение очень локально и ограничено зоной отчуждения ЧАЭС. Это обуславливает высокую уязвимость вида на данной территории как перед факторами среды, так и перед внутривидовыми угрозами. Поэтому закономерно встает вопрос о придании данному виду природоохранного статуса, что позволит применять к нему более действенные меры по сохранению и содействию популяционному росту. В соответствии с действующим законодательством Республики Беларусь редкие животные с угрожаемым статусом должны быть занесены в Красную книгу Беларуси.

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-XII «Об охране окружающей среды» включение редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь видов диких животных и дикорастущих растений в Красную книгу Республики Беларусь и исключение их из нее осуществляются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь на основании предложений НАН Беларуси. При включении редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Республики Беларусь видов диких животных и дикорастущих растений в Красную книгу Республики Беларусь им присваиваются категории национальной природоохранной значимости. Для включения в Красную книгу Республики Беларусь лошадь Пржевальского как таксон, имеющий неблагоприятный международный или европейский охранный статус, может быть отнесена ко II категории, а как таксон, имеющий очень низкую численность, сохранение популяции которого невозможно вне режима охраны, – к I категории национальной природоохранной значимости.

Закключение. Таким образом, в настоящее время лошадь Пржевальского постоянно обитает на территории зоны отчуждения ЧАЭС в виде устойчивой популяционной группировки из генетически ценных особей в условиях естественной свободы. Данные проведенного генетического анализа показывают, что популяция лошадей Пржевальского имеет одинаковый гаплотип с особями из украинской части популяции и выраженную генетическую дистанцию по митохондриальному маркеру от других потомков этого вида из Аскании-Нова. Исходя из чрезвычайно низкой численности лошади Пржевальского в мире и, соответственно, ее высокого международного природоохранного статуса, а также учитывая ценность и значимость свободно живущей популяции в зоне отчуждения ЧАЭС для естественного выживания вида в целом, вид *Equus caballus przewalskii* имеет все основания быть занесенным в Красную книгу Республики Беларусь в установленном порядке либо как таксон, имеющий неблагоприятный международный или европейский охранный статус (II категория), либо как таксон, имеющий очень низкую численность, сохранение популяции которого невозможно вне режима охраны (I категория).

Благодарности. Авторы выражают благодарность за сбор и передачу биологического материала от лошади Пржевальского заведующему отделом экологии флоры и фауны Чернобыльского радиационно-экологического биосферного заповедника Денису Вишневному и младшему научному сотруднику отдела паразитологии Института зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины Егору Яковлеву.

Acknowledgements. The authors of the article are grateful for the collection and transfer of biological material from Przewalski's horses to the Head of Department of flora and fauna ecology of Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere reserve Denis Vishnevsky, Young researcher of Department of Parasitology of I. I. Schmalhausen Institute of Zoology of the National Academy of Sciences of Ukraine Dr Yegor Yakovlev.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ryder, O. A. A cooperative breeding program for the Mongolian wild horse, *Equus przewalskii*, in the United States / O. A. Ryder, E. A. Wedemeyer // *Biol. Conserv.* – 1982. – Vol. 22, N 4. – P. 259–272. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(82\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0006-3207(82)90021-0)
2. Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / АН Беларуси, Ин-т зоологии ; под ред. Л. М. Сушени, М. М. Пикулика, А. Е. Пленина. – Минск : Наука і тэхніка, 1995. – 263 с.
3. Geyer, Ch. J. Gene survival in the Asian wild horse (*Equus przewalskii*): I. Dependence of gene survival in the Calgary breeding group pedigree / Ch. J. Geyer, A. Thompson // *Zoo Biol.* – Vol. 7, N 4. – 1988. – P. 313–327. <https://doi.org/10.1002/zoo.1430070403>
4. Geyer, C. J. Gene survival in the Asian wild horse (*Equus przewalskii*): II. Gene survival in the whole population, in subgroups, and throu history / C. J. Geyer, E. A. Thompson, O. A. Ryder // *Zoo Biol.* – 1989. – Vol. 8, N 4. – P. 313–329. <https://doi.org/10.1002/zoo.1430080402>
5. Kus, E. General studbook of the Przewalski horse / E. Kus (ed.). – Prague : Zoological garden, 1995. – 231 p.
6. Status and action plan for the Przewalski's Horse (*Equus ferus przewalskii*) / S. Wakefield [et al.] // *Equids: zebras, asses and horses. Status survey and conservation action plan* / ed. P. D. Moehlman. – Gland, 2002. – P. 82–92.
7. Zharkikh, T. L. Przewalski horse in the Zone of Chernobyl nuclear power / T. L. Zharkikh, N. I. Yasynetska, N. S. Zvegintsova // *Gazella.* – 2002. – Vol. 29. – P. 93–111.
8. Schlichting, P. E. Use of abandoned structures by Przewalski's wild horses and other wildlife in the Chernobyl Exclusion Zone / P. E. Schlichting, V. Dombrovski, J. C. Beasley // *Mammal Res.* – 2020. – Vol. 65, N 1. – P. 161–165. <https://doi.org/10.1007/s13364-019-00451-4>
9. Козорез, А. И. Особенности освоения биотопов лошадей Пржевальского в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике / А. И. Козорез, В. В. Шакун, М. В. Кудин // Проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС на современном этапе: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Хойники, 26–27 июля 2018 г.) / ред. М. В. Кудин. – Хойники, 2018. – С. 35–39.
10. Дерябина, Т. Г. Результаты наблюдений за лошадью Пржевальского (*Equus przewalskii*) на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, 2011–2013 гг. / Т. Г. Дерябина // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Мозырь, 23–24 октября 2014 г.) / редкол. : О. П. Позывайло (отв. ред.) [и др.]. – Мозырь, 2014. – С. 75–78.
11. Дерябина, Т. Г. Лошадь Пржевальского (*Equus ferus przewalskii* Polj., 1881) в условиях белорусской зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / Т. Г. Дерябина // Вісті Біосфер. заповід. «Асканія-Нова». – Т. 17. – 2015. – С. 54–59.
12. Wilkinson, G. S. Length and sequence variation in evening bat D-loop mtDNA / G. S. Wilkinson, A. M. Chapman // *Genetics.* – 1991. – Vol. 128, N 3. – P. 607–617.

References

1. Ryder O. A., Wedemeyer E. A. A cooperative breeding program for the Mongolian wild horse, *Equus przewalskii*, in the United States. *Biological Conservation*, 1982, vol. 22, no. 4, pp. 259–272. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(82\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0006-3207(82)90021-0)
2. Sushchenya L. M., Pikulik M. M., Plenina A. E. (ed.). *Fauna in the accident zone of the Chernobyl nuclear power plant*. Minsk, Navuka i tekhnika Publ., 1995. 263 p. (in Russian).
3. Geyer Ch. J., Thompson A. Gene survival in the Asian wild horse (*Equus przewalskii*): I. Dependence of gene survival in the Calgary breeding group pedigree. *Zoo Biology*, 1988, vol. 7, no. 4, pp. 313–327. <https://doi.org/10.1002/zoo.1430070403>
4. Geyer Ch. J., Thompson A. Gene survival in the Asian wild horse (*Equus przewalskii*): II. Gene survival in the whole population, in subgroups, and throu history. *Zoo Biology*, 1989, vol. 8, no. 4, pp. 313–329. <https://doi.org/10.1002/zoo.1430080402>
5. Kus E. (ed.). *General studbook of the Przewalski horse*. Prague, Zoological garden Publ., 1995. 231 p.
6. Wakefield S., Knowles J., Zimmermann W., van Dierendonck M. Status and action plan for the Przewalski's horse (*Equus ferus przewalskii*). *Equids: zebras, asses and horses. Status survey and conservation action plan*. Gland, 2002, pp. 82–92.
7. Zharkikh T. L., Yasynetska N. I., Zvegintsova N. S. Przewalski horse in the Zone of Chernobyl nuclear power. *Gazella*, 2002, vol. 29, pp. 93–111.
8. Schlichting P. E., Dombrovski V., Beasley J. C. Use of abandoned structures by Przewalski's wild horses and other wildlife in the Chernobyl Exclusion Zone. *Mammal Research*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 161–165. <https://doi.org/10.1007/s13364-019-00451-4>
9. Kozorez A. I., Shakun V. V., Kudin M. V. Features of the familiarization of biotopes by Przewalski's horses in the Polesky State Radiation-Ecological Reserve. *Problemy i perspektivy razvitiya territorii, postradavshikh v rezul'tate katastrofy na Chernobyl'skoi AES, na sovremennom etape: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Khoyniki, 26–27 iyulya 2018 goda)* [Problems and prospects of development of territories affected by the Chernobyl disaster at the present stage: proceedings of an International scientific and practical conference (Khoyniki, July 26–27, 2018)]. Khoyniki, 2018, pp. 35–39 (in Russian).
10. Deryabina T. G. The results of observations of the Przewalski's horse (*Equus przewalskii*) on the territory of the Polesky State Radiation and Ecological Reserve. *Sovremennye ekologicheskie problemy ustoichivogo razvitiya Polesskogo regiona i sopredel'nykh territorii: nauka, obrazovanie, kul'tura : materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Mozyr', 23–24 oktyabrya 2014 goda)* [Modern environmental problems of sustainable development of the Polesie region

and adjacent territories: science, education, culture: materials of the V International scientific and practical conference (Mozyr, October 23–24, 2014)]. Mozyr, 2014, pp. 75–78 (in Russian).

11. Deryabina T. G. Przewalsky horse (*Equus ferus przewalskii* Polj., 1881) in the conditions of the Belarusian exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant. *Visti Biosfernogo zapovidnika "Askaniya-Nova" = News Biosphere Reserve "Askania Nova"*, 2015, vol. 17, pp. 54–59 (in Russian).

12. Wilkinson G. S., Chapman A. M. Length and sequence variation in evening bat D-loop mtDNA. *Genetics*, 1991, vol. 128, no. 3, pp. 607–617.

Информация об авторах

Хейдорова Екатерина Эдуардовна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: hejkat@mail.ru

Никифоров Михаил Ефимович – академик, д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nikif@tut.by

Гомель Константин Вячеславович – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: homelkv@gmail.com

Шпак Алексей Викторович – ст. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: shpak.dvergr@gmail.com

Шакун Василий Васильевич – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: terioforest@tut.by

Домбровский Валерий Чеславович – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: valdombr@rambler.ru

Шквыря Марина Геннадьевна – канд. биол. наук, гл. зоолог. Киевский зоологический парк общегосударственного значения (пр. Победы, 32, г. Киев, Украина). E-mail: maryna.shkvyria@zoo.kiev.ua

Information about the authors

Ekaterina E. Kheidorova – Ph. D. (Biol.), Leading Researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: hejkat@mail.ru

Mikhail E. Nikiforov – Academician, D. Sc. (Biol.), Professor, Head of the Laboratory. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nikif@tut.by

Kanstantin V. Homel – Ph. D. (Biol.), Leading Researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: homelkv@gmail.com

Aleksey V. Shpak – Senior Researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shpak.dvergr@gmail.com

Vasily V. Shakun – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: terioforest@tut.by

Valeriy Ch. Dombrovski – Ph. D. (Biol.), Senior Researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: valdombr@rambler.ru

Marina G. Shkvyrya – Ph. D. (Biol.), Chief Zoologist. Kiev Zoological Park of national importance (32, Pobeda Ave., Kiev, Ukraine). E-mail: maryna.shkvyria@zoo.kiev.ua