

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Териологическое общество при РАН  
Постоянно действующая экспедиция РАН  
по изучению животных Красной книги Российской Федерации  
и других особо важных животных фауны России

## II МЕЖДУНАРОДНАЯ РАБОЧАЯ ВСТРЕЧА ПО РЕАБИЛИТАЦИИ И РЕИНТРОДУКЦИИ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

*Рабочая встреча посвящается памяти Валентина Сергеевича Пажетнова  
(1936–2021), разработавшего систему возвращения в природу медвежат-сирот*

*12–15 ОКТЯБРЯ 2021 г., Москва, ИПЭЭ РАН*



Москва 2021 Moscow

**Материалы II Международной рабочей встречи по реабилитации и реинтродукции хищных млекопитающих.** М.: Товарищество научных изданий КМК. 2021. 96 с.

**II International Workshop on Rehabilitation and Reintroduction of Large Carnivores.** М.: KMK Scientific Press Ltd., 2021. 96 p.

ISBN 978-5-907372-88-7

© ИПЭЭ РАН, 2021.  
© WWF России, 2021.  
© ООО "КМК", 2021.

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS  
Russian Theriological Society RAS  
Permanent Expedition of RAS for study of Russian Red Data Book animals  
and other key animals of Russian fauna

## II INTERNATIONAL WORKSHOP ON REHABILITATION AND REINTRODUCTION OF LARGE CARNIVORES

*Workshop is dedicated to the memory of Valentin S. Pazhetnov (1936–2021),  
who developed a system for returning orphaned cubs to nature*

*OCTOBER 12–15, 2021, Russia, Moscow*



© IEE RAS, 2021.  
© WWF-Russia, 2021.  
© KMK Ltd., 2021.

## ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ В РЕИНТРОДУКЦИИ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРЕДНЕАЗИАТСКОГО ЛЕОПАРДА)

Пшегусов Р.Х.<sup>1</sup>, Ячменникова А.А.<sup>2</sup>, Эрнандес-Бланко Х.А.<sup>2</sup>, Чистополова М.Д.<sup>2</sup>, Пхитиков А.Б.<sup>1</sup>, Трепет С.А.<sup>3</sup>, Дронова Н.А.<sup>4</sup>, Найдено С.В.<sup>2</sup>, Рожнов В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup>Кавказский природный биосферный заповедник им. Х.Г. Шапошникова, Сочи, Россия

<sup>4</sup>WWF России, Москва, Россия

**Ключевые слова:** переднеазиатский леопард, *Panthera pardus ciscaucasica*, моделирование местообитаний, спутниковый мониторинг, реинтродукция, Maxent.

Оценка пригодности среды обитания и экологических факторов, способствующих эффективной реинтродукции видов, важна для понимания общих закономерностей их пространственного распределения, выделения оптимальных для реинтродукции территорий, мониторинга и управления процессами последующего распространения животных. В последние два десятилетия основной тренд в данной области направлен на использование количественных методов и методов пространственного моделирования. Сочетание оценки пригодности среды обитания и особенностей распространения видов животных используются для разработки статистических моделей на основе ГИС и количественных оценок ареала различных млекопитающих, в том числе хищных, во фрагментированных ландшафтах. При моделировании ареалов зачастую более предпочтительными являются методы ENM, работающие с данными только о присутствии видов в анализируемом пространстве. Популярным эффективным методом моделирования распределения видов только по присутствию является метод максимальной энтропии Maxent, позволяющий построить точные прогнозные модели.

В рамках программы по восстановлению леопарда на Кавказе в 2016 и 2018 гг. были выпущены в природу первые леопарды, меченые GPS-ошейниками со спутниковыми передатчиками. Данные с ошейников использованы для создания и верификации математической модели потенциальных местообитаний леопарда и оценке возможного использования им. С целью повышения эффективности программ реинтродукции на Кавказе, с учетом мирового опыта, решали следующие задачи: 1. Выявление оптимальных для реинтродукции областей при помощи имитационного моделирования, с учетом как исторически сложившихся участков местообитаний на Кавказе, так и новых ландшафтно-климатических условий потенциально пригодных для обитания вида территорий; 2. Определение экологических факторов, влияющих на эффективность реинтродукции популяций; 3. Оценка среды обитания с применением пространственно-явных моделей, в которых геоинформационные системы используются для уточнения потенциально пригодных участков, по совокупности условий, аналогичных оптимальной среде обитания.

Анализ результатов моделирования показал высокую точность определения предсказанных точек. Стандартная ошибка (оценка площади под кривой) характеризуется высоким показателем ( $AUC=0,944$  для определяемых данных и  $0,947$  – для тестовых). Кривые распределения тестовых и тренировочных значений расположены далеко от центральной линии (надежность прогноза модели на случайном уровне), т.е. ожидаемая прогностическая способность полученной модели высока.

Используемая методика комплексного анализа особенностей экологии вида и совокупности факторов среды с применением методов пространственного анализа и моделирования, зависит от полноты представляемых данных, позволяя при верификации повышать точность и качество интерпретации модели. Возможность внесения в модель данных о численности кормовой базы леопарда и её сезонном распределении значительно уточнит модель и повысит степень контроля биологического смысла полученных результатов. Результаты позволяют повысить эффективность мер, направленных на сохранение и восстановление редких и исчезающих компонентов экосистем. На следующих этапах анализа предполагается формирование jSDM модели, рассчитывающей совместное обитание вида, с учетом конкурентных, пищевых отношений, иерархическое моделирование сообществ видов (HMSC), что позволяет интегрировать данные по экологии сообществ с данными о ковариатах окружающей среды в пространственно-временном контексте исследования, обеспечивая прогностическое понимание процессов в сообществе на основе данных наблюдений за сообществами видов.

**APPLICATION OF SPECIES DISTRIBUTION MODELING IN THE REINTRODUCTION OF PREDATORY MAMMALS (ON THE EXAMPLE OF THE PERSIAN LEOPARD)**

**Rustam H. Pshegusov<sup>1</sup>, Anna A. Yachmennikova<sup>2</sup>, Jose A. Hernandez-Blanco<sup>2</sup>, Maria D. Chistopolova<sup>2</sup>, Alim B. Pkhitikov<sup>1</sup>, Sergei A. Trepets<sup>3</sup>, Natalia A. Dronova<sup>4</sup>, Sergei V. Naidenko<sup>2</sup>, Viatcheslav V. Rozhnov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*A.K. Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories, RAS, Nalchik, KBR, Russia*

<sup>2</sup>*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Kh.G. Shaposhnikov Caucasian State Nature Biosphere Reserve, Sochi, Russia*

<sup>4</sup>*WWF-Russia, Moscow, Russia*

**Keywords:** *Panthera pardus ciscaucasica*, habitat modeling, satellite monitoring, reintroduction, Maxent.

Assessment of habitat suitability and environmental factors contributing to the effective reintroduction of species is important for understanding the general patterns of species spatial distribution. Such studies are also necessary to identify optimal areas for reintroduction, monitoring and management of the subsequent distribution of animals. Over the past two decades, the main trend in this scientific field has been directed at the use of quantitative methods and methods of spatial modeling. The comprehensive assessment of habitat suitability and distribution patterns of animal species including predatory mammals, were used to develop statistical models based on GIS and quantitative estimates of the ranges in fragmented landscapes. Species distribution modeling (SDM) methods, which deal only with the presence points of species in the analyzed space are often more. Maxent is a popular effective method of SDM only by presence points, as it allows to construct accurate predictive.

As part of Federal program for *P. p. ciscaucasica* restoration in the Caucasus in 2016 and 2018, the first animals wearing GPS collars with satellite transmitters were released into nature. The data obtained from the collars was used to construct and verify the leopard distribution model and to assess habitat suitability of the area. In order to increase the efficiency of reintroduction programs in the Caucasus, considering world experience, we solved the following tasks: 1. To identify areas optimal for reintroduction using simulation modeling, considering both historically established habitats in the Caucasus and new territories with landscape and climatic conditions potentially suitable for the species; 2. To identify environmental factors affecting the efficiency of reintroduction of leopard; 3. To assess the habitat using spatial models in which GIS are used to clarify potentially suitable areas similar to the optimal habitats.

Analysis of the modeling results confirmed high accuracy in determining the predicted points. Accuracy of the model estimated by the AUC was quite high: AUC for the defined (training) data was 0.944 and AUC for the test data was 0.947. The distribution curves of the test and training data were located far from the center line, which indicated the reliability of the model prediction at a random level. Thus, the expected predictive capacity of the resulting model was high. The methodology of complex analysis of species ecology and environmental factors using spatial analysis and modeling methods, depends on the completeness of presented data. This makes it possible to improve the accuracy and quality of model interpretation during verification. The introduction of data on the abundance and seasonal distribution of leopard food supply into the model will significantly refine the model and increase the biological meaning of the results. Such studies contribute to improving the effectiveness of measures aimed at preserving and restoring rare and endangered components of ecosystems.

At the next stages of the analysis, we plan to construct the jSDM models that consider competitive and food relations. We also plan to develop the hierarchical models of species communities (HMSC), which integrate data on the ecology of communities with data on environmental covariates, providing a predictive understanding of processes in the community based on observations of communities of species.