

## GENETIC PASSPORT SYSTEM FOR CAPTIVE FALCONS – SAKER, GYRFALCON, AND PEREGRINE FALCON CONSERVATION PROSPECTS IN RUSSIA

Zinevich L.S. (All-Russian Research Institute for Environmental Protection, Moscow, Russia)

Rozhkova D.N. (Koltzov Institute of Developmental Biology Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute for Environmental Protection, Moscow, Russia)

Iljin M.I., Sorokin A.G. (All-Russian Research Institute for Environmental Protection, Moscow, Russia)

---

---

**Contact:**

Ludmila Zinevich  
lzinevich@gmail.com

Darya Rozhkova  
darroznature@gmail.com

Mikhail Iljin  
mixailsurikov@gmail.com

Alexander Sorokin  
agsorokin@mail.ru

---

---

**Recommended citation:** Zinevich L.S., Rozhkova D.N., Iljin M.I., Sorokin A.G. Genetic Passport System for Captive Falcons – Saker, Gyrfalcon, and Peregrine Falcon Conservation Prospects in Russia. – *Raptors Conservation*. 2023. S2: 477–481. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-477-481 URL: <http://rrrcn.ru/en/archives/35244>

---

---

DNA analysis is a “gold standard” for individual identification and parentage studies as for humans, so for animals (Saks *et al.*, 1991). First forensic testing of the rare animal species DNA occurred in 1991 in Great Britain, when the case of illegal capture of the Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) nestlings was proved by parentage testing using DNA fingerprints of birds in question and other peregrines in captivity (Shorrocks, 1998). In Russia, illegal capture for foreign sales is the main threat for Saker (*Falco cherrug*) and Gyrfalcon (*Falco rusticolus*) populations (Kovács *et al.*, 2014; Lobkov *et al.*, 2020). In 2021, a Comprehensive action plan for creation of Reintroduction and conservation centres for falcons in the Kamchatka region and bustards in the Republic of Kalmykia was signed into law by the Vice-Prime Minister V. Abramchenko. While this statute is primarily addressed to falcon species reproduction and reintroduction, some action items there are coming from falcon species conservation to prevent illegal trade: investigating the orders of marking birds in captivity and tracing them individually from hatching to selling and transferring abroad. Genetic methods were supposed to be the heart of the orders.

Accuracy of any DNA identification highly depends on genetic markers used for it. Usually, for humans and farm animals, individual identification and paternity testing are based on nuclear microsatellites (short tandem repeats) panels. These markers are codominant, multi-allelic, hypervariable and allow running analyses quickly and automatically. Some studies have already shown their possibilities in forensic DNA testing of falcons (Beasley *et al.*, 2021).

We tested different microsatellite panels for genetic identification of Sakers, Gyrfalcons and Peregrines and established a simple and cheap protocol for falcon genotyping using 10 microsatellite loci primarily described for saker natural populations (Hou *et al.*, 2018). Using a first dataset contained of 99 samples (85 Sakers, 12 Gyrfalcons and two hybrids), we showed the possibility to estimate the significance of genotyping for these loci and obtained values of probability of identity (PI) less than  $10^{-9}$  in total and less than  $10^{-3}$  for siblings. Whereas total population number both for the Saker and Gyrfalcon over the area is estimated by the IUCN in less than  $10^6$  individuals, and the offspring of one bird pair can hardly amount to much more than a hundred, the probability of accidental appearance of two birds with same genotypes for these loci may be regarded as negligible. The accuracy of parentage testing was also shown to be sufficient as for the pair and their offspring, so for one parent and the offspring. The microsatellite panel showed specificity for Peregrines, but more investigation is needed to check if these loci are fully convenient also for Peregrine Falcon identification.

Basing on these preliminary results we used this test system starting a voluntary programme of breeding stock genotyping for Russian falconries. To the date, five falconries have already provided genetic material and supporting data for their breeding stock, about 380 samples from Sakers, Gyrfalcons, Peregrines and their hybrids. Together with data from natural populations (about 300 samples including museum specimens), this dataset provides op-

portunities to perform species and population analysis even though our preliminary results like previous data (Nittinger *et al.*, 2007) showed low sensitivity of microsatellites to distinguish Sakers from Gyrfalcons without supporting geographic data.

For falconries, full analysis of genetic data, analysis of paternity etc. provided a probability to check the breeding stock and breeding programs and exclude occasional mistakes in identification even for old cases. But the main aim of the program is to obtain a unique genetic identifier for each bird and its offspring to show the legitimacy of rare species keeping. While our microsatellite panel showed geno-

type uniqueness like CODIS (Budowle *et al.*, 2016) and other forensic test systems for human identification, we propose it as a base of the genetic passport of falcon which can be put into a pedigree certificate as a plain text or a QR-code. For such purposes, the method should be fully reproducible using any equipment at any laboratory. Together with Russian companies specialized in forensic DNA test systems manufacturing, we plan to develop a ready-to-use kit for genetic passportization of sakers and gyrfalcons in captivity and forensic DNA testing in case these rare species illegal outtake from nature or trafficking is suspected.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ ПОГОЛОВЬЯ РЕДКИХ СОКОЛОВ В ПИТОМНИКАХ ДЛЯ ОХРАНЫ БАЛОБАНА, КРЕЧЕТА И САПСАНА В РОССИИ

Зиневич Л.С. (ФГБУ «ВНИИ Экология», Москва, Россия)

Рожкова Д.Н. (ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН; ФГБУ «ВНИИ Экология», Москва, Россия)

Ильин М.И., Сорокин А.Г. (ФГБУ «ВНИИ Экология», Москва, Россия)

### Контакт:

Людмила Зиневич  
lzinevich@gmail.com

Дарья Рожкова  
darroznature@gmail.com

Михаил Ильин  
mixailsurikov@gmail.com

Александр Сорокин  
agsorokin@mail.ru

**Рекомендуемая цитата:** Зиневич Л.С., Рожкова Д.Н., Ильин М.И., Сорокин А.Г. Генетическая паспортизация поголовья редких соколов в питомниках для охраны балобана, кречета и сапсана в России. – Пернатые хищники и их охрана. 2023. Спецвып. 2. С. 477–481. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-477-481 URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/35244>

Анализ ДНК признан «золотым стандартом» индивидуальной идентификации и определения родства как для человека, так и для животных (Saks *et al.*, 1991). Первый случай судебной генетической экспертизы редких видов был описан в Великобритании в 1991 г., когда было доказано незаконное изъятие птенцов сапсана (*Falco peregrinus*) из природы с помощью сравнительного фингерпринтинга ДНК этих птенцов и сапсанов, содержащихся в неволе (Shorrocks, 1998). В России незаконное изъятие из природы для продажи за рубеж является одной из основных угроз природным популяциям балобана (*Falco cherrug*) и кречета (*Falco rusticolus*) (Kovács *et al.*, 2014; Лобков и др., 2020). В 2021 г. заместителем Председателя Правительства Российской Федерации В. Абрамченко был подписан Комплексный план мероприятий

по созданию в Российской Федерации центров реинтродукции и сохранения птиц семейств соколиных в Камчатском крае и дрофиных в Республике Калмыкия. Хотя данный план посвящён разведению и реинтродукции соколов, некоторые его пункты имеют отношение к охране редких видов соколов и предотвращению их нелегального оборота: разработка порядка маркировки соколов и прослеживания их от появления на свет в центре реинтродукции до продажи и фактического вывоза из России. Для обеих целей предполагается привлечение генетических методов.

Точность индивидуальной идентификации по ДНК зависит от используемых генетических маркеров. Для человека и сельскохозяйственных животных широко используют панели ядерных микросателлитов (коротких tandemных повто-

ров). Микросателлиты кодоминантны, мультиаллельны, гипервариабельны, дешёвы в использовании, и их анализ можно автоматизировать. Некоторые исследования уже показали возможность использования ядерных микросателлитов в судебной генетической экспертизе соколов (Beasley *et al.*, 2021).

Мы проанализировали различные микросателлитные панели для индивидуальной идентификации балобана, кречета и сапсана и разработали простой и недорогой протокол анализа 10 локусов, ранее описанных для исследования природных популяций балобана (Нои *et al.*, 2018). Анализ первоначальной выборки данных, состоявших из 99 генотипов (85 балобанов, 12 кречетов и 2 гибрида), показала, что для этой панели можно оценить достоверность идентификации особи. При этом вероятность случайного совпадения генотипов оказалась ниже  $10^{-9}$  для неродственных особей и менее  $10^{-3}$  для сибсов. Поскольку общая численность мировой популяции балобана и кречета по оценкам МСОП не превышает  $10^6$ , а количество потомства одной пары птиц за всю жизнь едва ли существенно превышает сотню особей, случайное появление двух птиц с одинаковыми генотипами по исследуемым локусам представляется практически невозможным событием. Также была показана высокая достоверность определения родства, как для пары родителей и их потомства, так и для одного родителя и потомков. Для сапсана данные локусы также удалось детектировать, однако для оценки их использования в индивидуальной

идентификации необходимы дополнительные исследования.

На основании этих предварительных результатов мы использовали данные локусы для добровольного генотипирования российскими соколиными питомниками маточного поголовья балобана, кречета и сапсана. На настоящий момент, пять питомников предоставили материал для генетического анализа и сопроводительные данные (суммарно около 380 образцов трёх видов). Вместе с образцами из природных популяций (около 300 образцов) результаты генотипирования представляют собой ценный материал для исследования видов и популяций, хотя предварительный анализ показал, что выбранные нами микросателлитные локусы, как и использованные прежде (Nittinger *et al.*, 2007), не позволяют достоверно отличить балобана от кречета без учёта географической принадлежности образца.

Для нужд питомников, генотипирование поголовья и анализ родства могут позволить проверить инбридность поголовья, сформировать программу разведения, а также устранить случайные ошибки идентификации птиц, даже допущенные давно. Однако основной целью программы является получение уникального генетического идентификатора для каждой птицы и её потомства с целью подтверждения законности содержания редких видов. Поскольку наша панель микросателлитов показала точность, подобную тест-системе CODIS (Budowle *et al.*, 2016) и другим тест-системам для генетической экспертизы человека, она может быть предложена в качестве основы генетического паспорта сокола, который можно указать в племенных документах птицы в виде текста или QR-кода. Для таких целей результаты ДНК-анализа должны быть полностью воспроизводимы на различном оборудовании и в разных лабораториях. Совместно с российскими компаниями, производящими тест-системы для криминалистической ДНК-экспертизы, мы планируем разработать готовый набор реагентов для генетической паспортизации редких видов соколов в неволе и проведения судебной генетической экспертизы по уголовным делам, связанным с незаконным изъятием их из природы и оборотом.

Basic design of a new falcon certificate with the bird genotype QR-code record.

Проект записи генотипа в виде QR-кода в племенные документы птицы.

Құстың тұқымы құжаттарында QR-код түріндегі генотипті тіркеу жобасы.



## РЕСЕЙДЕ ИТЕЛГІЛЕРДІ, АҚСҰҢҚАРЛАРДЫ ЖӘНЕ ЛАШЫНДАРДЫ ҚОРҒАУ ҮШІН ТӘЛІМБАҚТАРДАҒЫ СИРЕК СҰҢҚАРЛАР БАС САНДАРЫН ГЕНЕТИКАЛЫҚ ПАСПОРТИЗАЦИЯЛАУ

Зиневич Л.С. («Экология БҒЗИ» ФМҚМ, Мәскеу, Ресей)

Рожкова Д.Н. (РФА Н.К. Кольцов атындағы ФГБИ даму биологиясы институты; («Экология БҒЗИ» ФМҚМ, Мәскеу, Ресей)

Ильин М.И., Сорокин А.Г. («Экология БҒЗИ» ФМҚМ, Мәскеу, Ресей)

### Контакт:

Людмила Зиневич  
lzinevich@gmail.com

Дарья Рожкова  
darroznature@gmail.com

Михаил Ильин  
mikhailsurikov@  
gmail.com

Александр Сорокин  
agsorokin@mail.ru

Ұсынылатын дәйексөз: Зиневич Л.С., Рожкова Д.Н., Ильин М.И., Сорокин А.Г. Ресейде ителгілерді, ақсұңқарларды және лашындарды қорғау үшін тәлімбақтардағы сирек сұңқарлар бас сандарын генетикалық паспортизациялау. – Пернатые хищники и их охрана. 2023. Спецвып. 2. С. 477–481. DOI: 10.19074/1814-8654-2023-2-477-481 URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/35244>

ДНК талдауы адамдар мен жануарлар үшін жеке сәйкестендіру және туыстық қатынасты анықтау үшін «алтын стандарт» ретінде танылған (Saks *et al.*, 1991). Сирек кездесетін түрлерді сот-генетикалық сынаудың бірінші жағдайы Ұлыбританияда 1991 жылы сипатталған, сол кезде жабайы табиғаттан лашын (*Falco peregrinus*) балапандарының заңсыз жойылуы осы қамаудағы балапандар мен лашындардың салыстырмалы ДНК фингерпринтинг (саусақ) ізі арқылы дәлелденді (Shorrocks, 1998). Ресейде жабайы табиғаттан шетелге сату үшін заңсыз аулау ителгінің (*Falco cherrug*) және ақсұңқарлардың (*Falco rusticolus*) табиғи популяцияларына төнетін негізгі қауіптердің бірі болып табылады (Kovacs *et al.*, 2014; Лобков және т.б., 2020). 2021 жылы Ресей Федерациясы Үкіметі Төрағасының орынбасары В.Абрамченко Ресей Федерациясында Камчатка өлкесінде сұңқар тұқымдас-тарының құстарын және Қалмық Республикасында дуадақтектес құстарды реинтродукциялау және сақтау орталықтарын құру жөніндегі Кешенді іс-шаралар жоспарына қол қойды. Бұл жоспар сұңқарларды өсіру және қайта реинтродукциялауға арналған болса да, оның кейбір тармақтары сұңқарлардың сирек кездесетін түрлерін қорғауға және олардың заңсыз айналымының алдын алуға қатысты: реинтродукция орталығында сату және Ресейден нақты шығаруға дейін сұңқарларды танбалау және оларды туған кезден бастап қадағалау тәртібін әзірлеу. Екі мақсат үшін де генетикалық әдістер қолданылады деп болжануда.

Жеке ДНК идентификациясының дәлдігі қолданылатын генетикалық

маркерлерге байланысты. Ядролық микросателлитті панельдері (қысқа тандемді қайталаулар) адамдар мен ауылшаруашылық жануарларында кенінен қолданылады. Микросателлиттер кодоминантты, мультиаллельді, гипервариативтік, пайдалану құны арзан және оларды талдауды автоматтандыруға болады. Кейбір зерттеулер сұңқарларды сот-генетикалық сынауда ядролық микросателлиттерді қолданудың орындылығын көрсетті (Beasley *et al.*, 2021).

Біз ителгіні, ақсұңқарды және лашындарды жеке идентификациялау үшін әртүрлі микросателлиттік панельдерді талдадық және ителгінің табиғи популяцияларын зерттеу үшін бұрын сипатталған 10 локусты талдау үшін қарапайым және арзан хаттаманы әзірледік (Hou *et al.*, 2018). 99 генотиптен тұратын бастапқы деректер үлгісін талдау (85 ителгі, 12 ақсұңқар және 2 гибрид) осы панель үшін құс басы идентификацияның сенімділігін бағалауға болатынын көрсетті. Бұл ретте генотиптердің кездейсоқ сәйкестік ықтималдығы туыс емес бастар үшін  $10^{-9}$ -дан, ал бір туғандар үшін  $10^{-3}$ -тен төмен болып шықты.

IUCN бағалауы бойынша ителгілер мен ақсұңқырдың дүние жүзіндегі популяциясының жалпы саны  $10^6$ -ан аспайтындықтан, ал бір жұлқы құстардың ұрпақтарының саны бүкіл өмірінде жүз бастан әрен асатындықтан, зерттелетін локустарда генотиптері бірдей екі құстардың адамның кездейсоқ пайда болуы, мүмкін емес дерлік оқиға сияқты. Сондай-ақ ата-аналардың жұлқы мен олардың ұрпақтары үшін де, бір ата-ана мен ұрпақ үшін де туыстық қатынасты анықтаудың жоғары сенімділігі көрсетілді. Лашын үшін бұл локустар

да анықталды, бірақ олардың жеке идентификацияда қолданылуын бағалау үшін қосымша зерттеулер қажет.

Осы алдын ала нәтижелерге сүйене отырып, біз бұл локустарды ресейлік сүңқар тәлімбақтарында ителгі, ақсүңқар және лашын тұқымдастардың ерікті генотиптерін анықтау үшін пайдаландық. Бүгінгі күні бес тәлімбақ генетикалық талдау және ілеспе деректер үшін материал берді (барлығы үш түрдің шамамен 380 үлгісі). Табиғи популяциялардан алынған үлгілермен бірге (шамамен 300 үлгі) генотиптеу нәтижелері түрлер мен популяцияларды зерттеу үшін құнды материал болып табылады, дегенмен алдын ала талдау біз таңдаған микросателлиттік локустарды, сондай-ақ бұрын қолданылғандарды көрсеткендей (Nittinger *et al.*, 2007), сынаманың географиялық орнын есепке алмай ителгіні ақсүңқардан сенімді түрде ажыратпайды.

Тәлімбақтардың қажеттіліктері үшін күстар басының генотипін анықтау және туыстық қатынасты талдау күстар басының инбридингін тексеруге, өсіру бағдарламасын құруға, сондай-ақ күстарды сәйкестендірудегі кездейсоқ кателерді, тіпті бұрыннан жасалған кателерді жоюға мүмкіндік береді. Дегенмен, бағдарламаның басты мақсаты – сирек кездесетін түрлерді ұстаудың

зандылығын растау үшін әрбір күс пен оның төлі үшін бірегей генетикалық идентификатор алу.

Дегенмен, бағдарламаның басты мақсаты – сирек кездесетін түрлерді ұстаудың заңдылығын растау үшін әрбір күс пен оның балапандары үшін бірегей генетикалық идентификатор алу. Біздің микросателлиттік панель CODIS сынақ жүйесіне (Budowle *et al.*, 2016) және адамның генетикалық тестілеуге арналған басқа сынақ жүйелеріне ұқсас дәлдік көрсеткендіктен, оны күстың генетикалық паспортында көрсетуге болатын сүңқардың генетикалық паспорты үшін негіз ретінде ұсынуға болады, оны күстардың асыл тұқымды құжатында мәтін немесе QR коды ретінде көрсетуге болады.

Мұндай мақсаттар үшін ДНК талдауының нәтижелері әртүрлі жабдықта және әртүрлі зертханаларда толығымен қайталанатын болуы керек. Криминалистикалық ДНК сараптамасы үшін тест-жүйелерді шығаратын ресейлік компаниялармен бірлесе отырып, біз қамаудағы сүңқарлардың сирек түрлерін генетикалық сертификаттауға және оларды жабайы табиғаттан заңсыз алып кетуге байланысты қылмыстық істер бойынша сот-генетикалық сараптама жүргізуге арналған дайын реагенттер кешенін жасауды жоспарлап отырмыз.

*Comparative capillary electrophoresis of five STR loci multiplex PCR products for two different Saker (Falco cherrug) samples.*

*Сравнительные результаты капиллярного электрофореза продуктов мультиплексной ПЦР пяти микросателлитных локусов для двух различных образцов балобана (Falco cherrug).*

*Ителгінің екі әртүрлі үлгілеріне арналған бес микросателлиттік локустың мультиплексті ПТР өнімдерінің капиллярлық электрофорезінің салыстырмалы нәтижелері.*

