

ISSN 1814-0076

eISSN 1814-8654

ПЕРНАТЫЕ ХИЩНИКИ

RAPTORS

conservation

35/2017



В этом выпуске:
In this issue:

Степной орёл
в Центральном Казахстане
Steppe Eagle
in the Central Kazakhstan

Результаты пилотного проекта
по восстановлению популяции балобана
в Алтае-Саянском регионе
Results of the pilot project on restoration
of the Saker Falcon population
in the Altai-Sayan region



Techniques and Methods

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

A Possibility of Morphometrical Determining of Sex of Steppe Eagle Nestlings from Western and Eastern Populations?

ВОЗМОЖНО ЛИ МОРФОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА ПТЕНЦОВ СТЕПНЫХ ОРЛОВ ИЗ ЗАПАДНЫХ И ВОСТОЧНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ВИДА?

Karyakin I.V. (Center of Field Studies, N. Novgorod, Russia)

Zinevich L.S. (Koltzov Institute of Developmental Biology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia)

Shnayder E.P. (Sibecocenter, LLC, Berdsk, Novosibirsk region, Russia)

Карякин И.В. (Центр полевых исследований, Н. Новгород, Россия)

Зиневич Л.С. (ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва, Россия)

Шнайдер Е.П. (ООО «Сибэкоцентр», Бердск, Новосибирская область, Россия)

Контакт:

Игорь Карякин
Центр полевых исследований
603109, Россия,
Нижний Новгород,
ул. Нижегородская, 3–29
тел.: +7 831 433 38 47
ikar_research@mail.ru

Людмила Зиневич
ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН
119334, Россия,
Москва,
ул. Вавилова, 26
тел.: +7 499 135 33 22,
факс: +7 499 135 80 12
lzinevich@gmail.com

Елена Шнайдер
ООО «Сибэкоцентр»
630090, Россия,
Новосибирск,
а/я 547
тел.: +7 913 795 65 49
equ001@gmail.com

Резюме

Половой диморфизм у птенцов степного орла (*Aquila nipalensis*) выражен достаточно слабо и определение пола классическими морфометрическими методами вызывает затруднение. К тому же до сих пор такие методы не были разработаны. В данной статье представлена и апробирована морфометрическая методика определения пола птенцов степных орлов, происходящих из разных популяций с разными размерными классами птиц. В основу методики заложена формула классификации, полученная в результате дискриминантного анализа промеров птенцов степного орла, сделанных в Центральном Казахстане и Республике Алтай в 2017 г. Для исключения ошибок в морфометрии самок и самцов птенцов степного орла был использован молекулярно-генетический метод определения пола.

Ключевые слова: пернатые хищники, хищные птицы, степной орёл, *Aquila nipalensis*, определение пола.

Поступила в редакцию 12.12.2017 г. **Принята к публикации** 30.12.2017 г.

Abstract

Sexual dimorphism among nestlings of the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*) is poorly manifested. Thus, determining of sex by morphometric methods encountered many difficulties and could be completed only by the most experienced ornithologists who knows the species very well. This article presents a morphometric method for determining sex of nestlings of the Steppe Eagles from different breeding populations that belongs to different size classes. The method is based on classification formula obtained via linear discriminant analysis conducted for the data set of measurements of Steppe Eagle's nestlings from Central Kazakhstan and Altai Republic in 2017. To control the sex determination of nestlings a molecular-genetics method was used.

Keywords: raptors, birds of prey, Steppe Eagle, *Aquila nipalensis*, sex identification.

Received: 12/12/2017. **Accepted:** 30/12/2017.

DOI: 10.19074/1814-8654-2017-35-194-218

Введение

Половой диморфизм у птенцов степного орла (*Aquila nipalensis*), как и у многих других видов хищных птиц, выражен достаточно слабо. Особенно осложняет полевую идентификацию пола у птенцов степного орла ряд особенностей этого вида. Во-первых, степные орлы, в отличие от других настоящих орлов, часто покидают гнёзда в возрасте от 50 до 60 дней с ещё недоросшими маховыми и рулями. Во-вторых, в ареале вида существует два раз-

Introduction

Nestlings of the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*) do not display clear sexual dimorphism. Thus determining of sex by morphometric methods encountered many difficulties and considered as unreliable. Clear sex determination could be obtained via molecular-genetics methods (Griffiths *et al.*, 1996; Elleegren, 1996; Griffiths *et al.*, 1998; Fridolfsson, Elleegren, 1999). However, these methods could hardly be implemented in fields in short terms, which makes it essen-

Contact:

Igor Karyakin
Center of Field Studies
Nizhegorodskaya str.,
3–29,
Nizhniy Novgorod,
Russia, 603109
tel.: +7 831 433 38 47
ikar_research@mail.ru

Ludmila Zinevich
Koltzov Institute of
Developmental Biology
of Russian Academy of
Sciences IDB RAS
Vavilova str., 26,
Moscow,
Russia, 119334
tel.: +7 499 135 33 22,
fax: +7 499 135 80 12
lzinevich@gmail.com

Elena Shnayder
Sibecocenter, LLC
P.O. Box 547,
Novosibirsk,
Russia, 630090
tel.: +7 913 795 65 49
equ001@gmail.com

мерных класса птиц – наиболее крупные орлы локализуются в горах Алтае-Саянского региона и их частота встречаемости в популяциях падает по мере продвижения на запад, юг и восток от Алтае-Саяна к границам гнездового ареала вида (Карякин и др., 2016b). Поэтому определение пола птенцов степного орла классическими морфометрическими методами вызывает затруднение. Надёжным способом считается молекулярно-генетический метод определения пола (Griffiths et al., 1996; Elleegren, 1996; Griffiths et al., 1998; Fridolfsson, Elleegren, 1999). Данный метод основан на ПЦР-амплификации гена хромохеликазы (CHD) на половых хромосомах птиц. Ранее этот метод уже использовался для определения пола у различных видов хищных птиц в России и показал свою эффективность (Нестеренко, 2003; Мастеров, Романов, 2014; Бабушкин и др., 2013; 2016). Однако, до сих пор у полевых исследователей нет возможности в кратчайшие сроки осуществлять определение пола у птиц данным методом, что приводит к необходимости разрабатывать видоспецифические морфометрические методы.

Цель данной статьи – разработать и апробировать морфометрическую методику определения пола птенцов степных орлов, происходящих из разных популяций с разными размерными классами птиц. Для исключения ошибок в морфометрии самок и самцов птенцов степного орла был использован молекулярно-генетический метод определения пола.

Методика

Для целей данной статьи в полевой сезон 2017 г. проведены промеры 68 птенцов степного орла в возрастной группе 45–55 дней ± 5 дней в двух модельных регионах – Центральном Казахстане ($n=28$), где гнездятся одни из самых мелких степных орлов в ареале вида, и в Юго-Восточном Алтае ($n=40$), где гнездятся одни из самых крупных

птиц – наиболее крупные орлы локализуются в горах Алтае-Саянского региона и их частота встречаемости в популяциях падает по мере продвижения на запад, юг и восток от Алтае-Саяна к границам гнездового ареала вида (Карякин и др., 2016b). Поэтому определение пола птенцов степного орла классическими морфометрическими методами вызывает затруднение. Надёжным способом считается молекулярно-генетический метод определения пола (Griffiths et al., 1996; Elleegren, 1996; Griffiths et al., 1998; Fridolfsson, Elleegren, 1999). Данный метод основан на ПЦР-амплификации гена хромохеликазы (CHD) на половых хромосомах птиц. Ранее этот метод уже использовался для определения пола у различных видов хищных птиц в России и показал свою эффективность (Нестеренко, 2003; Мастеров, Романов, 2014; Бабушкин и др., 2013; 2016). Однако, до сих пор у полевых исследователей нет возможности в кратчайшие сроки осуществлять определение пола у птиц данным методом, что приводит к необходимости разрабатывать видоспецифические морфометрические методы.

Цель данной статьи – разработать и апробировать морфометрическую методику определения пола птенцов степных орлов, происходящих из разных популяций с разными размерными классами птиц. Для исключения ошибок в морфометрии самок и самцов птенцов степного орла был использован молекулярно-генетический метод определения пола.

Methods

During the field season of 2017 measurements of 68 nestlings of Steppe Eagles in the age 45–55 ± 5 days old were obtained. Nestlings originated from two regions: i) Central Kazakhstan (KZ) ($n=28$) where breeding population consists of the smallest-sized Steppe Eagles among the whole world population, and ii) South-Eastern Altai ($n=40$) where breeds Steppe Eagles with the biggest body size (fig. 1). Additionally this study employs measurements from 14 nestlings from Eastern Kazakhstan from 2010 and 2016.

Age of nestlings was determined visually considering the development of feathers (Karyakin, 2010). The following measurements of nestlings were recorded: bill's length from the tip to the forehead (DKL), bill's length from the tip to the cere (DKV), bill's length from the tip to the anterior edge of the nostrils (DKN), bill depth (VK), gape's size (RR), tarsus's length (DC), tarsus's diameter (SHC), length of tail feathers (DH), wing's length (DK) (Karyakin, 2004).

For 40 nestlings (15 from Central KZ and 25 from Altai) sex was determined via molecular-genetics method (MGM). For the molecular genetic analysis, we used samples of growing contour feathers with sheath (with some blood) of the Steppe Eagle nestlings preserved in ethanol 96% or DNA lysis buffer from The Collection of raptors molted feathers of IDB RAS and Sibecocenter LLC. DNA extraction was performed using the Diatome DNA Prep 100 Kit (Biocom, Russia) according to the manufacturer's protocol. The PCR analysis was performed with the ScreenMix-HS Kit (Evrogen, Russia) and the VeritiFast thermocycler (Applied Biosystems, USA) according to the standard avian molecular sexing



Птенец степного орла (*Aquila nipalensis*) в возрасте около 55 дней. Фото И. Карякина.

Nestling of the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*) at the age of about 55 days. Photo by I. Karyakin.

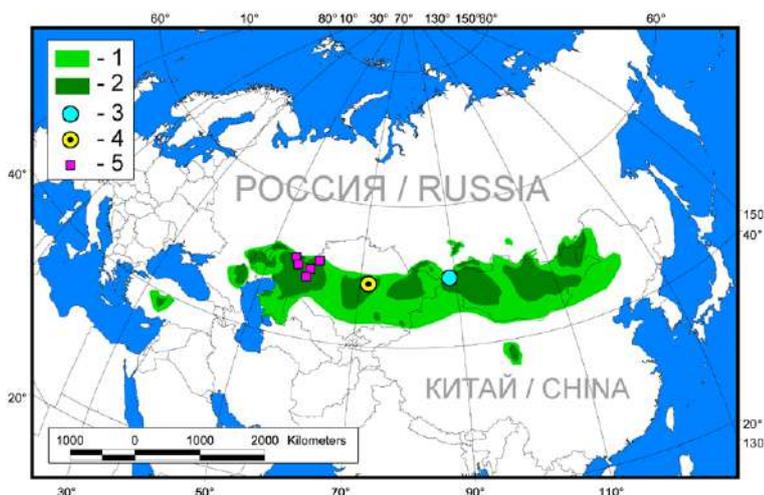


Рис. 1. Точки сбора полевого материала. Условные обозначения: 1 – гнездовой ареал степного орла (*Aquila nipalensis*), 2 – гнездовые группировки и/или популяции степного орла, 3 – места измерения птенцов степного орла на Алтае в 2017 г., 4 – в Центральном Казахстане в 2017 г., 5 – в Западном Казахстане в 2010, 2016 гг.

Fig. 1. Sample collecting spots. Legend: 1 – breeding range of the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*); 2 – nesting groups and / or breeding populations of the Steppe Eagle; 3 – nests where nestling's measurements were carried out: in Altai (in 2017); 4 – in Central Kazakhstan (in 2017) and 5 – in Western Kazakhstan (in 2010, 2016).

степных орлов (рис. 1). Также в работу привлечены промеры 14 птенцов, сделанные в 2010 и 2016 гг. в Западном Казахстане.

Возраст птенцов определялся визуально по развитию оперения (Карякин, 2010). У птенцов измерялись длина клюва от лба (DKL), длина клюва от восковицы (DKV), длина клюва от ноздри (DKN), высота клюва (VK), разрез рта (RR), длина цевки (DC), диаметр цевки (SHC), длина хвоста (DH), длина крыла (DK) (Карякин, 2004) – далее в тексте статьи принятые здесь сокращения (указаны в скобках) будут упоминаться в таблицах и диаграммах. В соответствии с методикой, измерения клюва и цевки проводились штангенциркулем с точностью до 2-го знака после запятой, измерения хвоста и крыла – рулеткой с точностью до 1-го знака после запятой (у птенцов в возрастной группе старше 55 дней округляя значения до 0,5 см).

К 45-дневному возрасту рост клюва и лап существенно тормозится, и птенцы степного орла достигают размеров, приближенных к таковым взрослых птиц. При этом рост крыла и хвоста всё ещё продолжается, по мере раскрытия трубок линейные размеры возрастают и становятся максимальными к 70-дневному возрасту, в среднем, через 10 дней после того, как птенцы покидают гнездо. При этом набор массы тела (по контролю за птицами в неволе) может происходить до 90-дневного возраста и составлять до 25 % за месяц (см., например, Спицын и др., 1986). Соответственно, в полевых условиях приходится работать в основном с птенцами степного орла в возрасте до 60 дней, когда размеры крыла и хвоста, а тем более масса тела, могут сильно варьировать, а размеры

protocol with 2550F/2718R primers and the products were visualized by electrophoresis in the 3% agarose gel. Typical results of molecular sexing of the Steppe Eagle nestlings are presented at the fig. 2.

The results of measurements of the nestlings, sex of which were determined via molecular-genetics method, are given in table 1. The results of measurements of nestlings, the sex of which was not determined via molecular-genetics method, are given in the Appendix¹⁵¹.

Statistical analysis was completed in Statistica 10 (StatSoft, 2012). All values are described as mean±SD. We tested the normality of the data using the Kolmogorov-Smirnov criterion before conducted parametric tests. All variables were distributed normally. We used linear discriminant analysis for variable selection and calculation of classification formula.

As a result, we got a classification formula that could classify nestlings by sex based on measurements of bill, tarsus, wing and tail.

Results

To compare measured parameters between groups of males and females we used T-student's test. T-test shows significant differences between males and females (males – $n=19$, females – $n=21$): by 7 parameters out of 9: SHC – 12.91 ± 0.74 mm for females and 11.27 ± 0.62 mm for males (t -value=7.53, $p < 0.0005$), DC – 107.35 ± 6.71 mm for females and 99.94 ± 4.45 mm for males (t -value=4.07, $p < 0.0005$), DKL – 50.48 ± 2.99 mm for females and 46.21 ± 2.53 mm for males (t -value=4.85, $p < 0.0005$), DKV – 35.53 ± 1.89 mm for females and 32.94 ± 1.56 mm for males (t -value=4.70, $p < 0.0005$), DKN – 31.00 ± 1.59 mm for fe-

¹⁵¹ <http://irrcn.ru/wp-content/uploads/2017/12/classification-SE.xls>

клюва и цевки уже стабильны. К тому же по измерениям клюва и цевки возникает меньше ошибок. Поэтому мы решили ориентироваться в первую очередь на размеры клюва и цевки, привлекая промеры крыла и хвоста в качестве дополнения, в основном для определения возрастной группы птенцов.

Для 40 особей (15 птиц из Центрального Казахстана и 25 птиц с Алтая) определён пол молекулярно-генетическим методом (МГМ). Для молекулярно-генетического анализа были использованы образцы трубок растущих контурных перьев с кровью птенцов (из груди), помещённые в спирт и/или лизирующий буфер, из объединённой коллекции ИБР РАН и ООО «Сибэкоцентр». ДНК экстрагировали с помощью коммерческого набора реактивов Diatome DNA Prep 100 (Россия) согласно протоколу производителя. Полимеразную цепную реакцию проводили с помощью набора ScreenMix-HS (Евроген, Россия) и амплификатора VeritiFast (Applied Biosystems, США) по стандартному протоколу определения пола птиц с универсальными праймерами 2550F/2718R. Детекция продуктов ПЦР-амплификации осуществлялась методом электрофореза в 3 % агарозном геле.

Суть метода заключается в том, что на половых хромосомах птиц имеется ген белка хромохеликазы ДНК (CHD), представленный двумя копиями: CHD-Z и CHD-W. У птиц гетерогаметный пол – женский (у самок половые хромосомы ZW), а гомогаметный пол – мужской (половые хромосомы ZZ). Экзоны гена хромохеликазы ДНК одинаковы на обеих половых хромосомах, а интроны имеют разный размер на Z и W хромосомах. У самок копии этого гена разные по длине на разных половых хромосомах (ZW), а у самцов

males and 28.54 ± 1.33 mm for males (t -value=5.28, $p < 0.0005$), VK – 24.79 ± 1.48 mm for females and 22.89 ± 0.96 mm for males (t -value=4.73, $p < 0.0005$), RR – 71.20 ± 3.43 mm for females and 66.82 ± 3.80 mm for males (t -value=3.84, $p = 0.0005$) (table 3, fig. 5, 6). Lengths of wing ant tail left insignificant (t -value=0.84, $p = 0.4$ и t -value=0.51, $p = 0.6$ respectively), because feathers of nestlings were still growing while being measured and their length depends mostly on the number of nestlings in brood since the youngest one is often smaller and could delay in development.

For all measurements (9 variables) we conducted a discriminant analysis (DA) with a sex as a grouping variable (table 4). The most important measurements in the resulting model appeared SHC, DKN and DKV. The classification of cases was correct in 95.24 % for females (20 correct cases out of 21) and 94.74 % for males (18 correct cases out of 19) (table 5).

The classifications function for sex determining in nestlings of the Steppe Eagles (Sf) could be describe as a difference between classification function for females (Ff) and classification function for males (Fm):

$$Sf = Ff - Fm,$$

$$Ff = -576.19 + -1.23 * DKL + -10.21 * DKV + 34.67 * DKN + 2.54 * VK + -0.39 * RR + 2.37 * DC + 30.16 * SHC + 0.28 * DK + -1.48 * DH,$$

$$Fm = -464.26 + -1.20 * DKL + -7.53 * DKV + 28.77 * DKN + 2.56 * VK + 0.32 * RR + 2.12 * DC + 24.14 * SHC + 0.27 * DK + -1.35 * DH$$

The individual is male if Sf value is below zero and female if Sf value is above zero. However, in a range of values from -1 to +1 the result could be insignificant and should be tested with additional methods.

To more accuracy discriminant analysis, we enlarge the number of variables by adding mutual ratios of measurements making 45 variables in total. The training sample includes 40 nestlings from Altai and Central Kazakhstan whose sex was determined genetically – 21 females and 19 males. We conducted discriminant analysis (DA) with forward stepwise algorithm for variable selection using sex as a grouping variable. The



Измерение клюва у степного орла. Фото Е. Ракина.

Measuring of a bill of the Steppe Eagle.
Photo by E. Rakin.

копии гена одинаковые по размерам на одинаковых хромосомах (ZZ). Таким образом, у самцов при амплификации гена хромохеликазы образуются фрагменты ДНК одинаковой длины (равной массы), а у самок – разной (CHD-Z и CHD-W) (Fridolfsson, Ellegren, 1999). Поэтому после внесения в гель полученных продуктов реакции и проведения электрофореза, у самок в ультрафиолетовом свете можно видеть две светящиеся полосы (по причине различия в массе ПЦР-продуктов с каждой хромосомы), а у самцов – одну (по причине равнозначности по массе) (рис. 2).

Результаты измерений птенцов, пол которых определён молекулярно-генетическим методом, приведены в табл. 1. Результаты измерений птенцов, пол которых не был определён молекулярно-генетическим методом, приведены в приложении¹⁵¹.

Статистическая обработка данных осуществлялась в программе Statistica 10 (StatSoft, 2012). Для выборок рассчитывались средняя±SD. Для определения нормальности распределения использовался критерий Колмогорова-Смирнова. Распределение всех переменных соответствовало нормальному. Для определения достоверности различий в выборках применяли t-критерий Стьюдента. Для определения вклада отдельных переменных в разделение выборки птенцов степного орла по половому признаку и вычисления классификационной формулы был проведён линейный дискриминантный анализ. Также был проведён дисперсионный анализ (ANOVA) для четырёх групп степных

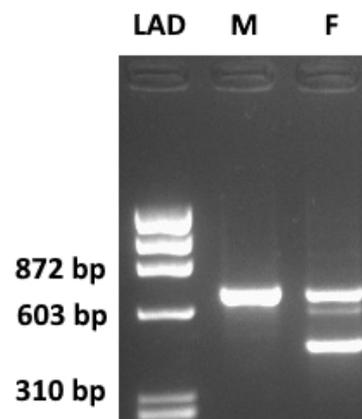


Рис. 2. Результаты ПЦР фрагмента гена CHD1 с праймерами 2550F/2718R (Fridolfsson, Ellegren, 1999). LAD – маркер длин фрагментов ФХ174 ДНК/ BsuRI (HaeIII) (ThermoFisher Scientific, США), M – самец, F – самка.

Fig. 2. PCR fragments of CHD1 gene with 2550F/2718R primers (Fridolfsson, Ellegren, 1999). LAD – DNA ladder phiX174 DNA/BsuRI (HaeIII) (ThermoFisher Scientific, USA), M – male, F – female.

most important variables in the resulting model are SHC, DH, DKV/DH, DKN/DH and RR/DC (table 6). The histogram of canonical scores is depicted on fig. 7.

To verify the variable selection, we tested it with leave-one-out cross-validation method. The classification of cases was correct in 90.48 % for females (19 correct cases out of 21) and 100 % for males (19 correct cases out of 19) (table 7).

The classifications function for sex determining in nestlings of the Steppe Eagles (*Sf*)

Табл. 1. Размеры птенцов степного орла (*Aquila nipalensis*) разного пола в Центральном Казахстане и на Алтае.

Table 1. Sizes of the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*) nestlings different sex in the Central Kazakhstan and Russian Altai.

Переменная (мм) Variable (mm)	Пол / Sex			
	Центральный Казахстан Central Kazakhstan		Русский Алтай Russian Altai	
	Самка / Female (n=8)	Самец / Male (n=7)	Самка / Female (n=13)	Самец / Male (n=12)
DKL	48.69±2.58 (45.4–52.8)	44.94±1.98 (41.5–47.1)	51.58±2.74 (46.0–56.0)	46.94±2.60 (42.0–51.8)
DKV	34.39±1.17 (32.7–35.8)	32.00±1.44 (29.2–33.5)	36.23±1.94 (32.0–38.5)	33.48±1.41 (30.3–35.4)
DKN	30.33±1.08 (28.8–31.7)	27.70±1.18 (25.7–28.8)	31.42±1.74 (27.6–34.0)	29.03±1.20 (27.1–30.5)
VK	24.08±1.48 (22.5–26.5)	22.94±1.06 (22.0–24.2)	25.22±1.36 (23.2–28.6)	22.86±0.95 (21.4–24.6)
RR	69.29±2.51 (66.0–72.0)	63.86±3.27 (59.2–59.2)	72.38±3.46 (66.1–78.1)	68.54±3.00 (63.0–72.0)
DC	105.11±6.02 (97.0–115.0)	98.23±4.36 (91.3–105.7)	108.72±6.97 (97.6–121.7)	100.93±4.36 (93.4–107.3)
SHC	12.26±0.64 (11.1–13.0)	11.12±0.59 (10.4–11.9)	13.31±0.48 (12.6–14.2)	11.36±0.65 (10.5–12.4)
DK	340.63±41.87 (305.0–420.0)	328.57±15.74 (305.0–345.0)	400.00±46.90 (320.0–480.0)	385.00±44.21 (315.0–460.0)
DH	168.75±35.13 (135.0–240.0)	166.43±11.07 (150.0–185.0)	206.15±30.01 (160.0–250.0)	198.75±22.97 (165.0–230.0)

¹⁵¹ <http://irrcn.ru/wp-content/uploads/2017/12/classification-SE.xls>

орлов (самки из Центрального Казахстана, самцы из Центрального Казахстана, самки с Алтая и самцы с Алтая).

В качестве результата исследований предложена формула классификации степных орлов на самок и самцов по основным измерениям клюва, цевки, крыла и хвоста.

Результаты исследований

Корреляционный анализ параметров птенцов, пол которых был определён генетическими методами ($n=40$), показал достоверные корреляции между несколькими параметрами. Высокую степень корреляции между собой показали длина крыла и длина хвоста ($r=0,95$, $p<0,05$), длина клюва от восковицы и от ноздри ($r=0,945$, $p<0,05$), длина клюва от лба и восковицы ($r=0,900$, $p<0,05$), что свидетельствует о взаимозависимости этих признаков. Соотношение этих параметров внутри анализируемой возрастной группы и по мере роста птенца постоянно изменяются пропорционально друг другу. Менее значимая корреляция оказалась между высотой клюва и разрезом рта ($r=0,74$, $p<0,05$), что свидетельствует о слабой взаимозависимости этих двух параметров. Таким

could be describe as a difference between classification function for females (Ff) and classification function for males (Fm):

$$Sf = Ff - Fm,$$

$$Ff = -1385.47 + 32.60 * SHC + 4.61 * DH + 5153.82 * DKN/DH + 1832.00 * DKV/DH + 388.82 * RR/DC,$$

$$Fm = -1237.94 + 26.51 * SHC + 4.40 * DH + 4199.15 * DKN/DH + 2328.12 * DKV/DH + 432.15 * RR/DC,$$

The individual is male if Sf value is below zero and female if Sf value is above zero. However, in a range of values from -1.5 to $+1.5$ the result could be insignificant and should be tested with additional methods.

Based on the resulting classification function we determined the sex of the 28 nestlings that did not undergo sex determination via molecular-genetics methods. Eighteen of them turned out to be males and 8 – females. Two nestlings ended up in the group where classification function Sf lays between -1.5 and $+1.5$, thus we considered their identification as unreliable (one bird originated from Central KZ and one from Altai). Thus, in the test group we were able to ID sex of 92.86% of cases (table 8).

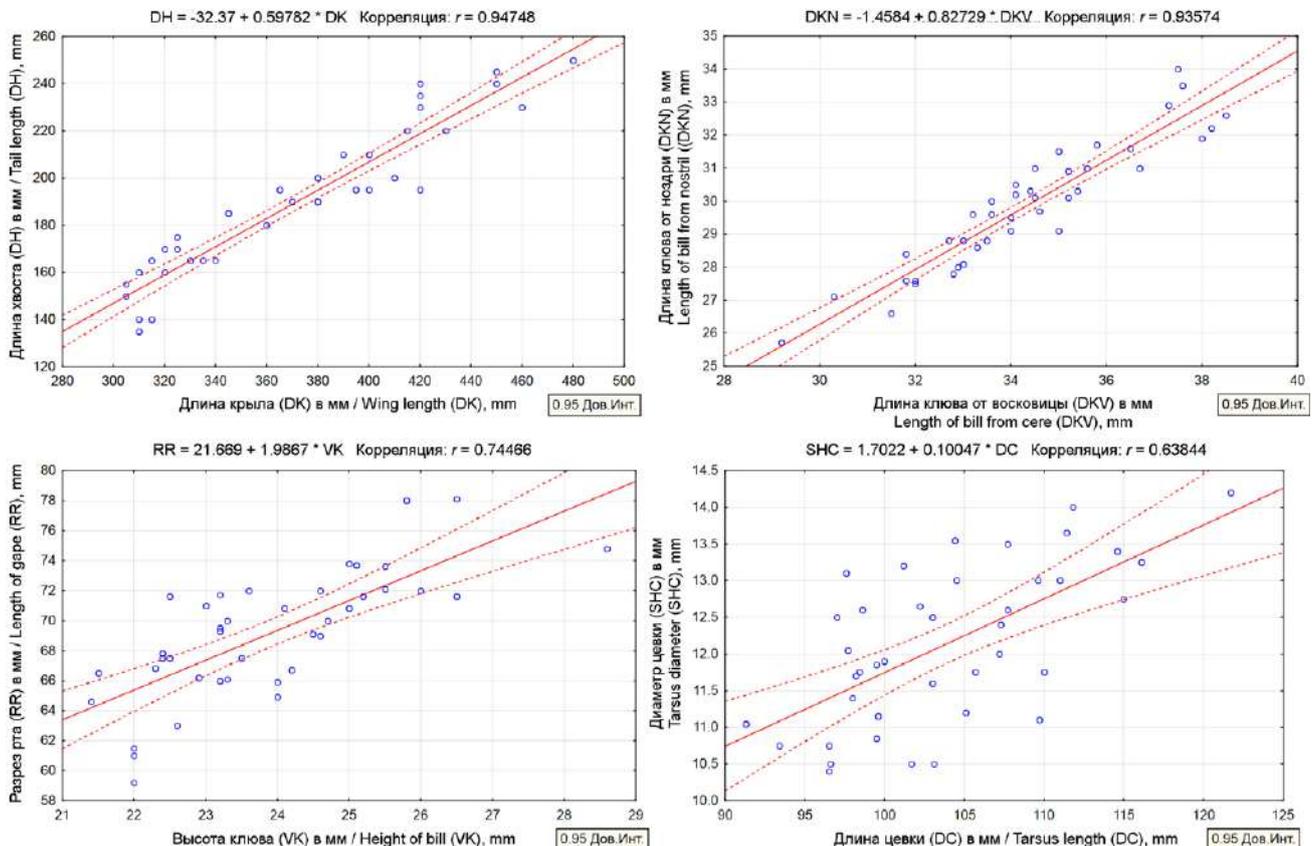


Рис. 3. Корреляционные зависимости между параметрами птенцов степного орла.

Fig. 3. Correlations between morphometric parameters of nestlings of the Steppe Eagle.

Табл. 2. Корреляционные зависимости между параметрами птенцов степного орла в группах самок и самцов.

Table 2. Correlations between morphometric parameters of nestlings of the Steppe Eagle in groups of females and males.

Самки / Females $p < 0.05$	DKL	DKV	DKN	VK	RR	DC	SHC	DK	DH
DKL	1	0.819	0.846	0.664	0.825	0.448	0.480	0.752	0.748
DKV	0.819	1	0.900	0.701	0.879	0.551	0.524	0.818	0.790
DKN	0.846	0.900	1	0.746	0.916	0.443	0.366	0.793	0.763
VK	0.664	0.701	0.746	1	0.751	0.577	0.390	0.803	0.729
RR	0.825	0.879	0.916	0.751	1	0.565	0.508	0.870	0.835
DC	0.448	0.551	0.443	0.577	0.565	1	0.377	0.556	0.527
SHC	0.480	0.524	0.366	0.390	0.508	0.377	1	0.630	0.621
DK	0.752	0.818	0.793	0.803	0.870	0.556	0.630	1	0.959
DH	0.748	0.790	0.763	0.729	0.835	0.527	0.621	0.959	1
Самцы / Males $p < 0.05$	DKL	DKV	DKN	VK	RR	DC	SHC	DK	DH
DKL	1	0.879	0.814	0.603	0.530	0.308	0.332	0.401	0.442
DKV	0.879	1	0.891	0.665	0.617	0.379	0.502	0.463	0.537
DKN	0.814	0.891	1	0.588	0.709	0.344	0.292	0.699	0.760
VK	0.603	0.665	0.588	1	0.492	0.407	0.441	0.149	0.221
RR	0.530	0.617	0.709	0.492	1	0.641	0.525	0.536	0.685
DC	0.308	0.379	0.344	0.407	0.641	1	0.457	0.031	0.199
SHC	0.332	0.502	0.292	0.441	0.525	0.457	1	-0.059	0.038
DK	0.401	0.463	0.699	0.149	0.536	0.031	-0.059	1	0.944
DH	0.442	0.537	0.760	0.221	0.685	0.199	0.038	0.944	1

образом, эта пара параметров может позволить разделить птенцов степного орла на какие-либо группы по этому признаку (например, «широкоротые» и «узкоротые» особи). Между длиной цевки и её диаметром явная корреляция отсутствует ($r=0,64$, $p < 0,05$), что говорит о наличии в популяциях степного орла как «коротколапых», так и «длиннолапых» птиц вне зависимости от пола (рис. 3). Корреляция иных параметров между собой составила менее 0,40 при $p < 0,05$ – это может свидетельствовать как о возможности разделения по этим параметрам степных орлов на группы по полу и популяционной принадлежности, так и о бессистемном варьировании данных параметров в популяциях вида.

Корреляция между параметрами в группах самцов и самок отражена в табл. 2. Корреляционные зависимости показали сцепленность таких параметров, как все три измерения длины клюва друг относительно друга и относительно разреза рта, длина крыла и размеры клюва, длина хвоста и разрез рта, длина крыла и хвоста в группе самок, в то время как у самцов сцепленными признаками оказались лишь измерения длины клюва друг относительно друга и длина крыла и хвоста (табл. 2, рис. 4).

Проверка нормальности распределений морфометрических параметров показала, что все они распределены нормально. Т-критерий Стьюдента показал достоверность различий средних значений среди

The recent studies showed that in many breeding populations of Steppe Eagles individuals could be attributed to two size-classes – small birds and big birds (fig. 8). We assumed that it could be explained by either common origin of big-sized birds from populations inhabited Altai-Sayan Ecoregion, or by some adaptive features that facilitate breeding of a big-sized individuals in mountainous regions (Karyakin et al., 2016b)

Our attempt to separate nestlings from the training sample ($n=40$) by four groups – females from Central Kazakhstan ($n=8$), males from Central Kazakhstan ($n=7$), females from Altai ($n=13$), and males from Altai ($n=12$) via linear discriminant analysis with forward stepwise variable selection was also successful. In the resulting analysis were included 19 variables (table 10) that showed a clear separation on four groups (fig. 9). The first root separates males from females (values above zero – females, below zero – males), second root separates males from KZ from males from Altai (values above zero – Altai, below – KZ if the nestling is male), and third root separates females from Altai from females from KZ (above zero – KZ, below – Altai if the nestling is female) (table 11). We obtained 100 % correct classification for the training sample.

We apply the result of DA (see table 11) to the other 28 nestlings whose sex was not determined genetically. The difference

самцов и самок по 7 промерам из 9. Значимыми по t-критерию Стьюдента оказались следующие параметры (самцы – $n=19$, самки – $n=21$): диаметр цевки – $12,91 \pm 0,74$ мм для самок и $11,27 \pm 0,62$ мм для самцов (t -value=7,53, $p < 0,0005$), длина цевки – $107,35 \pm 6,71$ мм для самок и $99,94 \pm 4,45$ мм для самцов (t -value=4,07, $p < 0,0005$), длина клюва от лба – $50,48 \pm 2,99$ мм для самок и $46,21 \pm 2,53$ мм для самцов (t -value=4,85, $p < 0,0005$), длина клюва от восковицы – $35,53 \pm 1,89$ мм для самок и $32,94 \pm 1,56$ мм для самцов (t -value=4,70,

in sex determination between the current analysis and the previous one (table 6) was found in 3 cases (table 12: nestlings number 43, 44, 46 and 64). Birds whose sex we failed to identify with classification formula were all classified as females in the current analysis. All nestlings that was ID as females were correctly separated by the region of their origin. Among nestlings classified as males we found 5 misplacements (table 12: nestlings number 45, 62, 63, 67, 68). All misplacements were due to incorrect clas-

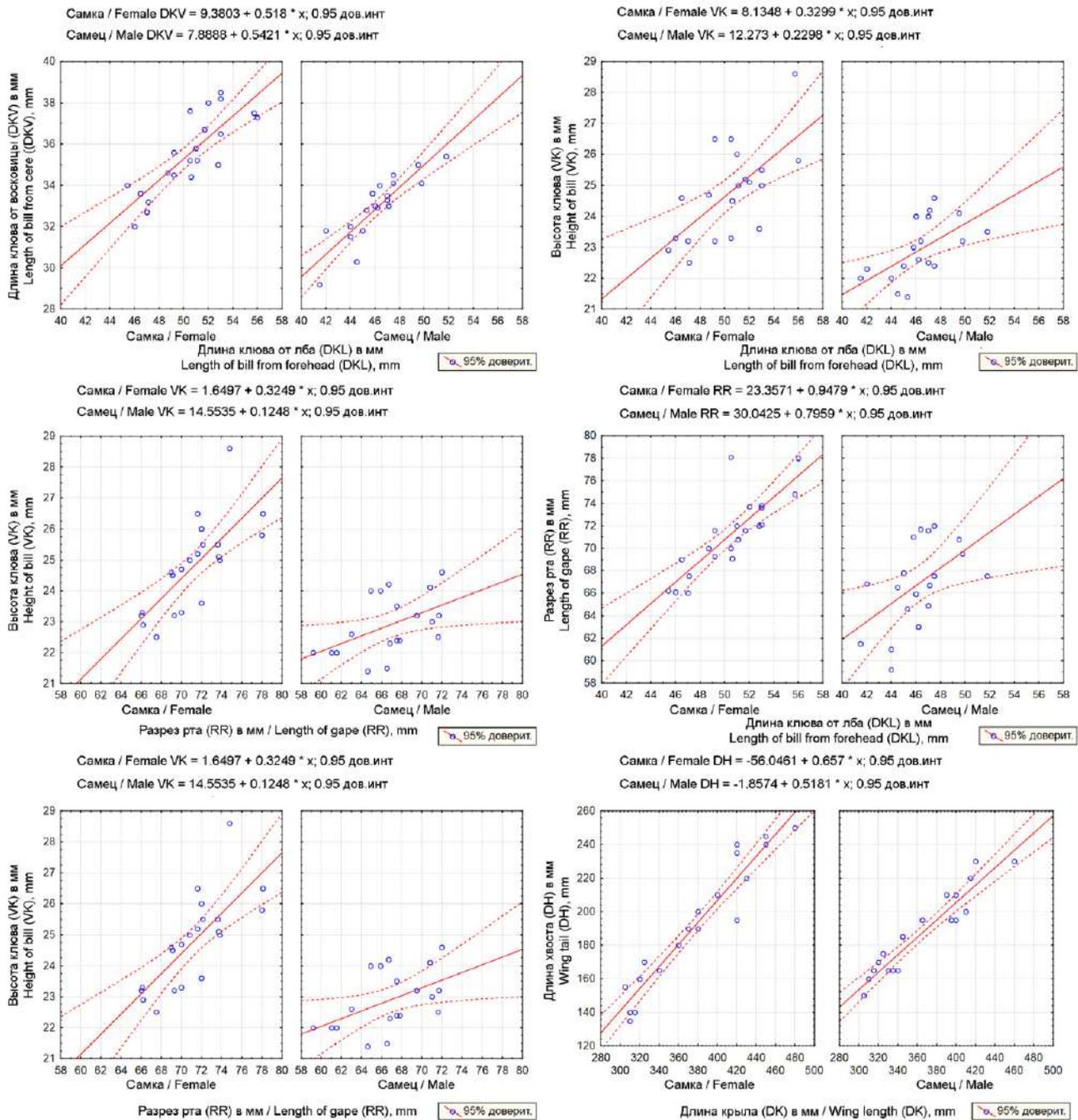


Рис. 4. Корреляционные зависимости между параметрами птенцов степного орла в группах самок и самцов.

Fig. 4. Correlations between morphometric parameters of nestlings of the Steppe Eagle in groups of females and males.

Табл. 3. Размеры птенцов степного орла разного пола (жирным курсивом выделена значимая переменная по t-критерию Стьюдента).

Table 3. Morphometric values of nestlings of the Steppe Eagle of different sex (variable significant in the Student's t-test are marked with bold italic).

Переменная (мм) Variable (mm) n=40	Пол / Sex		Критерий Стьюдента t-test	
	Самка / Female (n=21)	Самец / Male (n=19)	t-value	p-level
DKL	50.48±2.99 (45.4–56.0)	46.21±2.53 (41.5–51.8)	4.85	<0.0005
DKV	35.53±1.89 (32.0–38.5)	32.94±1.56 (29.2–35.4)	4.70	<0.0005
DKN	31.00±1.59 (27.6–34.0)	28.54±1.33 (25.7–30.5)	5.28	<0.0005
VK	24.79±1.48 (22.5–28.6)	22.89±0.96 (21.4–24.6)	4.73	<0.0005
RR	71.20±3.43 (66.0–78.1)	66.82±3.80 (59.2–72.0)	3.84	=0.0005
DC	107.35±6.71 (97.0–121.7)	99.94±4.45 (91.3–107.3)	4.07	<0.0005
SHC	12.91±0.74 (11.1–14.2)	11.27±0.62 (10.4–12.4)	7.53	<0.0005
DK	377.38±52.98 (305.0–480.0)	364.21±45.38 (305.0–460.0)	0.84	=0.4
DH	191.90±36.31 (135.0–250.0)	186.84±24.90 (150.0–230.0)	0.51	=0.6

p<0,0005), длина клюва от ноздри – 31,00±1,59 мм для самок и 28,54±1,33 мм для самцов (t-value=5,28, p<0,0005), высота клюва – 24,79±1,48 мм для самок и 22,89±0,96 мм для самцов (t-value=4,73,

sification of nestlings originated from KZ to the group of Altai birds.

To illustrate the belonging of eagles to two size-classes and to test our morphometric method of sex identification we run

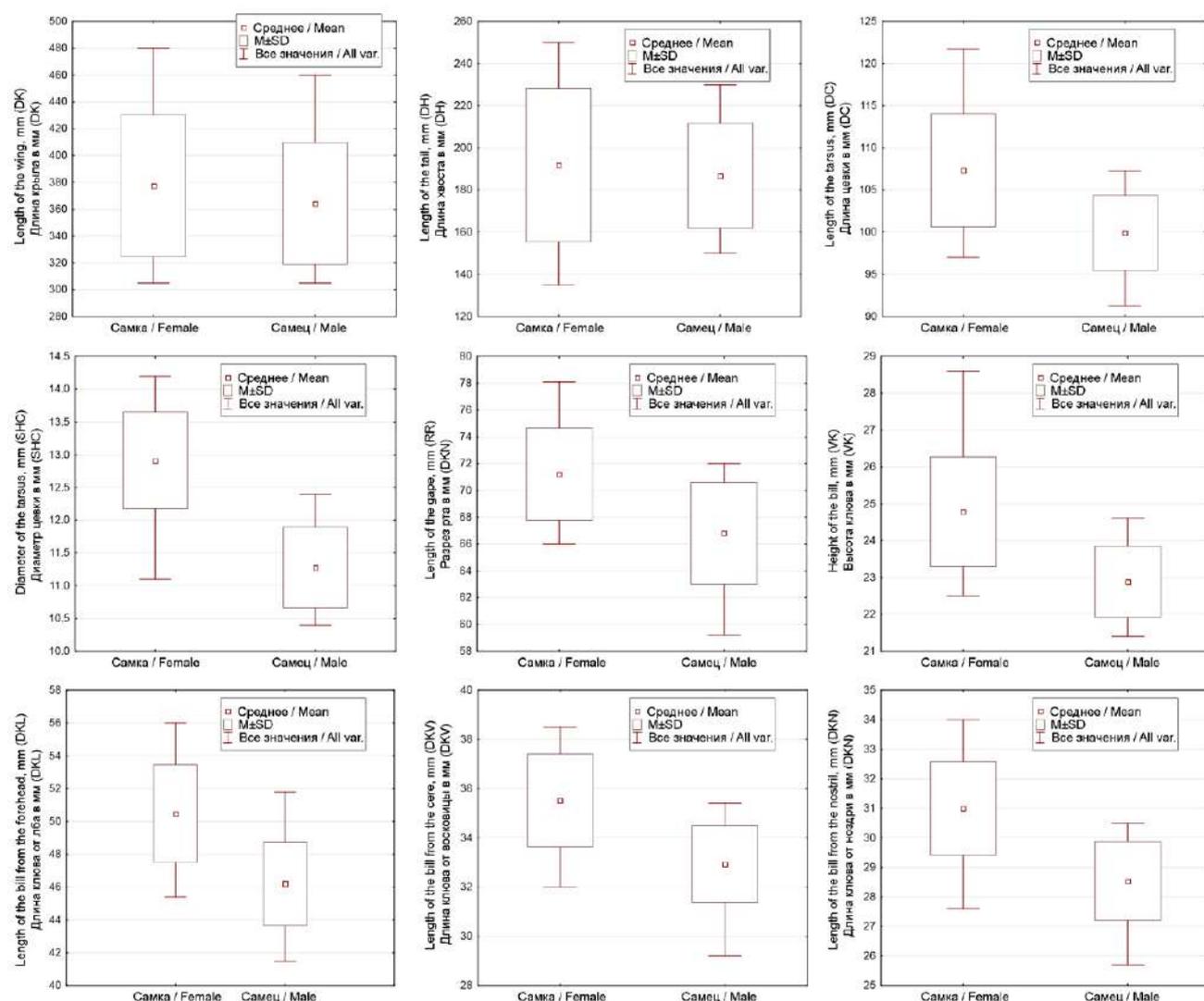


Рис. 5. Диаграмма размаха параметров птенцов степного орла.

Fig. 5. Box plots of morphometric parameters of nestlings of the Steppe Eagle.

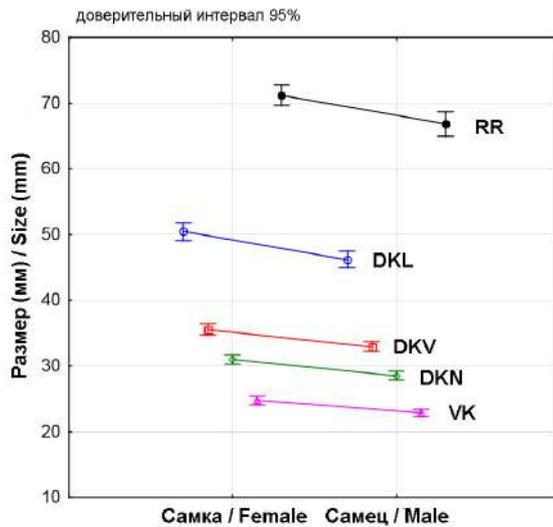


Рис. 6. Средние размеры клюва самок и самцов птенцов степного орла.

Fig. 6. Means of the bill size of Steppe Eagle nestlings in groups of females and males.

$p < 0,0005$), разрез рта – $71,20 \pm 3,43$ мм для самок и $66,82 \pm 3,80$ мм для самцов (t -value=3,84, $p=0,0005$) (табл. 3, рис. 5, б). Достоверных различий между длиной крыла у самок и самцов, а также длиной хвоста, найдено не было (t -value=0,84, $p=0,4$ и t -value=0,51, $p=0,6$ соответственно), что было ожидаемо, так как крылья и хвост у изученных птенцов всё ещё находились в стадии роста. В период роста помимо возраста, длина крыла и хвоста у птенцов сильно зависит от первенства птенца в выводке, если выводок состоит из 2–3-х птенцов: младший птенец в выводке, вне зависимости от пола, как правило, отстаёт от старшего в развитии на несколько дней.

the method over the set of measurements of nestlings from Western Kazakhstan breeding population. This breeding population inhabited Orenburg region of Russia and Western-Kazakhstan and Aktyubinsk regions of Kazakhstan (Karyakin et al., 2013; Karyakin et al., 2016a; Migration..., 2016). This territory is characterized by small-sized individuals breed in plains (same size-class as in Central Kazakhstan) and big-sized individuals that resembling birds from Altai population breed in mountainous areas (Mugodzhary and quartzite ridges of Southern Ural and Trans-Ural area). Thus, this population was very promising to test the method capability in classification in both sex and size-class of eagles. Measurements of eaglets were obtained in 2010 and 2016.

We applied discrimination models obtained on training sample to nestlings ($n=14$) originated from Western Kazakhstan population. Classification by sex (5 variables) gave us 7 males and 4 females in the sample, and for three birds values of the function were close to zero, so we consider these three classifications as not

Табл. 4. Переменные ($n=9$), включенные в дискриминантный анализ по обучающей выборке ($n=40$), где в роли группирующей переменной выступал пол птенцов, и классификационные коэффициенты для этих переменных. Наиболее значимые переменные выделены жирным курсивом.

Table 4. Variables ($n=9$) in the model obtained via discriminant analysis on training sample of nestlings ($n=40$) with sex as grouping variable (the most significant variables are emphasized with bold italic), and classification coefficients.

Переменная Variable $n=40$	Итоги анализа дискриминантных функций Discriminant function analysis results						Функция классификации Classification functions	
	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (1.30)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	Самка Female ($n=21$) $p=0.525$	Самец Male ($n=19$) $p=0.475$
DKL	0.20	1.00	0.00	0.96	0.25	0.75	-1.23	-1.20
DKV	0.23	0.86	4.69	0.04	0.12	0.88	-10.21	-7.53
DKN	0.29	0.68	14.04	0.00	0.08	0.92	34.67	28.77
VK	0.20	1.00	0.00	0.99	0.43	0.57	2.54	2.56
RR	0.21	0.93	2.24	0.14	0.20	0.80	-0.39	0.32
DC	0.21	0.94	1.83	0.19	0.53	0.47	2.37	2.12
SHC	0.35	0.56	23.66	0.00	0.50	0.50	30.16	24.14
DK	0.20	1.00	0.06	0.81	0.09	0.91	0.28	0.27
DH	0.21	0.93	2.41	0.13	0.08	0.92	-1.48	-1.35
Константа / Constant							-576.19	-464.26
Процент правильных классификаций Percent of correct classifications							85,71%	94,74%
							(18 верных / correct, 3 ошибочных / errors)	(18 верных / correct, 1 ошибочный / error)

Далее по имеющимся данным был проведён дискриминантный анализ. В анализ было включено 9 основных переменных – длина клюва от лба, длина клюва от восковицы, длина клюва от ноздри, высота клюва, разрез рта, длина цевки, диаметр цевки, длина хвоста, длина крыла (табл. 4). Попытка уменьшить число переменных приводила к значительному ухудшению качества разделения.

identified (table 13). Applying classification by both sex and size (19 variables) gave us distribution by sex (7 females and 7 males) and among them 3 males were classified as Altai group that is equal to big-size class, 4 males – as Kazakhstan group that is equal to small-size class; 5 females were classified as big-size class and 2 as small-size (table 14). Depicting canonical scores on a

Табл. 5. Определение пола птенцов из обучающей выборки (n=40) с помощью классификационной функции и сравнение с результатами определения пола молекулярно-генетическими методами.

Table 5. Sex prediction for nestlings from the training set (n=40) via classification function and its comparison with molecular-genetic sex definition.

№	Регион Region	Sf	Пол, МГМ Sex, MGM	Пол, ДА Sex, DA
1	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-0.24	Самка / Female	?
2	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	6.35	Самка / Female	Самка / Female
3	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	8.78	Самка / Female	Самка / Female
4	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	5.57	Самка / Female	Самка / Female
5	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	2.78	Самка / Female	Самка / Female
6	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	8.14	Самка / Female	Самка / Female
7	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	7.32	Самка / Female	Самка / Female
8	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	3.37	Самка / Female	Самка / Female
9	Алтай / Altai Mts.	-1.17	Самка / Female	Самец / Male
10	Алтай / Altai Mts.	3.88	Самка / Female	Самка / Female
11	Алтай / Altai Mts.	2.69	Самка / Female	Самка / Female
12	Алтай / Altai Mts.	6.20	Самка / Female	Самка / Female
13	Алтай / Altai Mts.	4.42	Самка / Female	Самка / Female
14	Алтай / Altai Mts.	7.04	Самка / Female	Самка / Female
15	Алтай / Altai Mts.	8.55	Самка / Female	Самка / Female
16	Алтай / Altai Mts.	6.30	Самка / Female	Самка / Female
17	Алтай / Altai Mts.	13.93	Самка / Female	Самка / Female
18	Алтай / Altai Mts.	13.03	Самка / Female	Самка / Female
19	Алтай / Altai Mts.	11.30	Самка / Female	Самка / Female
20	Алтай / Altai Mts.	10.44	Самка / Female	Самка / Female
21	Алтай / Altai Mts.	9.52	Самка / Female	Самка / Female
22	Алтай / Altai Mts.	-12.17	Самец / Male	Самец / Male
23	Алтай / Altai Mts.	-7.90	Самец / Male	Самец / Male
24	Алтай / Altai Mts.	-12.83	Самец / Male	Самец / Male
25	Алтай / Altai Mts.	-4.90	Самец / Male	Самец / Male
26	Алтай / Altai Mts.	-10.14	Самец / Male	Самец / Male
27	Алтай / Altai Mts.	-5.95	Самец / Male	Самец / Male
28	Алтай / Altai Mts.	-9.22	Самец / Male	Самец / Male
29	Алтай / Altai Mts.	-14.73	Самец / Male	Самец / Male
30	Алтай / Altai Mts.	-10.99	Самец / Male	Самец / Male
31	Алтай / Altai Mts.	-12.39	Самец / Male	Самец / Male
32	Алтай / Altai Mts.	-5.40	Самец / Male	Самец / Male
33	Алтай / Altai Mts.	-4.39	Самец / Male	Самец / Male
34	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-0.51	Самец / Male	?
35	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-6.17	Самец / Male	Самец / Male
36	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-12.83	Самец / Male	Самец / Male
37	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-4.68	Самец / Male	Самец / Male
38	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-13.62	Самец / Male	Самец / Male
39	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-9.97	Самец / Male	Самец / Male
40	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-9.94	Самец / Male	Самец / Male

В группу, по которой проводился анализ, попали 21 самка и 19 самцов, у которых пол был определён генетически. Наиболее значимыми переменными в модели для разделения по половому признаку оказались диаметр цевки, длина клюва от ноздри и длина клюва от восковицы.

По результатам анализа удалось добиться следующей доли верных классификаций в группах: самки – 95,24 % (20 случаев верной классификации из 21), самцы – 94,74 % (18 случаев верной классификации из 19), при уровне дискриминации: Лямбда Уилкса: 0,20, прибли. $F(9,30)=13,59, p<0,0005$ (табл. 5).

Полученная функция классификации (1) для определения пола птенцов степного орла может быть представлена в следующем виде:

$$Sf = Ff - Fm,$$

$$Ff = -576,19 + -1,23 * DKL + -10,21 * DKV + 34,67 * DKN + 2,54 * VK + -0,39 * RR + 2,37 * DC + 30,16 * SHC + 0,28 * DK + -1,48 * DH,$$

$$Fm = -464,26 + -1,20 * DKL + -7,53 * DKV + 28,77 * DKN + 2,56 * VK + 0,32 * RR + 2,12 * DC + 24,14 * SHC + 0,27 * DK + -1,35 * DH$$

где Sf – итоговая классификационная функция, которая классифицирует птицу как самца, при значениях менее -1, и как самку, при значениях более 1. При пограничных значениях функции от -1 до 1 надёжность классификации представляется недостоверной, Ff – значение функции классификации для группы самок, Fm – значение функции классификации для группы самцов.

Для повышения точности метода были дополнительно рассчитаны отношения всех промеров птенцов друг к другу. В итоге в анализ помимо 9 основных переменных – длина клюва от лба, длина клюва от восковицы, длина клюва от ноздри, высота клюва, разрез рта, длина цевки, диаметр цевки, длина хвоста, длина крыла, были также включены и их отношения друг к другу (всего 45 переменных). Анализ проводился с применением Forward Stepwise модели отбора значимых для разделения переменных. Наиболее значимыми переменными в модели для разделения по половому признаку оказались: диаметр цевки, длина хвоста, отношение длины клюва от ноздри к длине хвоста, отношение длины клюва от восковицы к длине хвоста и

plot showed that all birds from Western KZ population lay inside clusters obtained for training sample consists of nestlings from Central KZ and Altai, without major increase of overlap between clusters (fig. 10) – only one female (classified as small-sized bird) was found in between of two female's size clusters. That means that in the population of the Steppe Eagle there actually are birds of two size classes, and an analysis by the set of morphometric parameters allows discriminating between small females and huge males even in one breeding population.

Conclusion

Discriminant analysis on training set of 40 nestlings of the Steppe Eagle showed the possibility to determine sex of 45–55 days-old nestlings by means of morphometry even in populations where breeding eagles belong to two size classes. The minimal set of variables that is necessary for discrimination with more than 90 % correct cases – is 5 variables: tarsus's diameter (SHC), length of tail (DH), ratio of bill's length from the tip to the cere to the length of tail (DKV/DH), ratio of bill's length from the tip to the anterior edge of the nostrils to the length of tail (DKN/DH) and ratio of gape's size to the tarsus's length (RR/DC). Classification function is described in the text.



Возраст птенцов степного орла, в котором погрешности при определении пола по их размерам стремятся к минимальным – старше 45 дней. Фото И. Карякина.

Age of the Steppe Eagle nestlings for which the errors in determining the sex by their size will be minimal is over 45 days. Photo by I. Karyakin.

Табл. 6. Переменные (n=5), включённые в дискриминантный анализ по обучающей выборке (n=40), где в роли группирующей переменной выступал пол птенцов, и классификационные коэффициенты для этих переменных. Наиболее значимые переменные выделены жирным курсивом.

Table 6. Variables (n=5) in the model obtained via discriminant analysis on training sample of nestlings (n=40) with sex as grouping variable (the most significant variables are emphasized with bold italic), and classification coefficients.

Переменная Variable n=40	Wilks's Lambda = 0.19, F (5,34) = 29.42, p < 0.0000						Функция классификации Classification functions	
	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (1.35)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	Самка / Female n=21, p=0.525	Самец / Male n=19, p=0.475
SHC	0.394388	0.476074	37.41753	0.000001	0.606999	0.393001	32.60	26.51
DH	0.226866	0.827615	7.08192	0.011800	0.074592	0.925408	4.61	4.40
DKV/DH	0.214274	0.876251	4.80167	0.035382	0.015909	0.984091	1832.00	2328.12
DKN/DH	0.283108	0.663202	17.26646	0.000207	0.015574	0.984426	5153.82	4199.15
RR/DC	0.202500	0.927201	2.66951	0.111515	0.755866	0.244134	388.82	432.15
Константа / Constant							-1385.47	-1237.94
Процент правильных классификаций Percent of correct classifications							95.24% (20 верных / correct, 1 ошибочный / errors)	100% (19 верных / correct, 1 ошибочный / errors)

отношение длины рта к длине цевки (табл. 6). Результат анализа приведён на рис. 7.

Для проверки отобранных переменных была проведена проверка методом кросс-валидации leave-one-out. Проверка выявила три случая, где дискриминантный анализ давал ошибку по некоторым выборкам: одна самка из Центрального Казахстана (табл. 7: птица № 1), одна самка с Алтая (табл. 7: птица № 10 – наиболее часто выявлялась ошибка в определении пола этой самки) и один самец из Центрального Казахстана (табл. 7: птица № 36). Доля надёжных классификаций в группах для рассматриваемой выборки была получена следующая: самки – 90,48 % (19 случаев верной классификации из 21), самцы – 100 % верной классификации из 19, суммарно – 95,0 % (38 случаев верной классификации из 40)

при уровне дискриминации: Лямбда Уилкса: 0,19, $F_{5,34}=29,42$, $p<0,0000$ (табл. 7).

Полученная функция классификации (2) для определения пола птенцов степного орла может быть представлена в следующем виде:

$$Sf = Ff - Fm,$$

$$Ff = -1385,47 + 32,60 * SHC + 4.61 * DH + 5153,82 * DKN/DH + 1832,00 * DKV/DH + 388,82 * RR/DC,$$

$$Fm = -1237,94 + 26,51 * SHC + 4.40 * DH + 4199,15 * DKN/DH + 2328,12 * DKV/DH + 432,15 * RR/DC,$$

где Sf – итоговая классификационная функция, которая классифицирует птицу как самца, при значениях менее -1,5, и как самку, при значениях более 1,5. При близких к нулю значениях (от -1,5 до +1,5) надёжность классификации представляется недостоверной согласно проведённой проверке. Ff – значение функции классификации для группы самок, Fm – значение функции классификации для группы самцов.

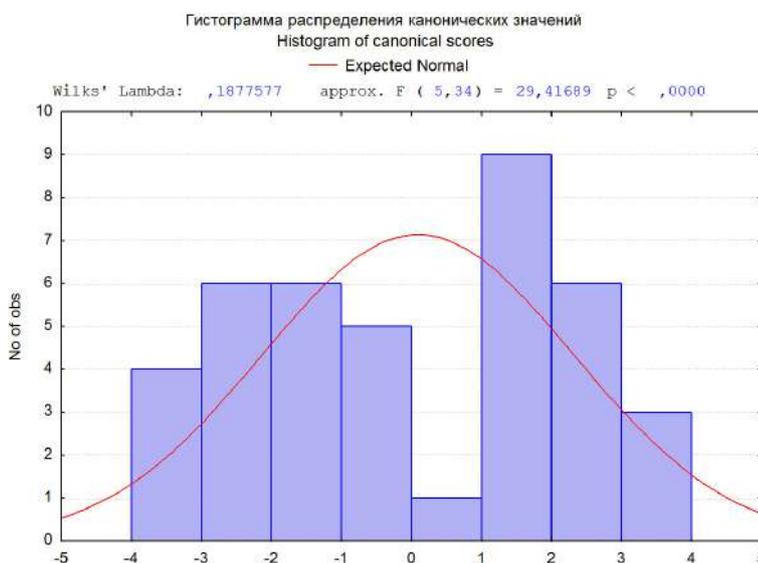


Рис. 7. Гистограмма распределения канонических значений дискриминантной функции по обучающей выборке (n=40); группирующий признак – пол птенца; 5 переменных в модели.

Fig. 7. Histogram of canonical scores of discriminant function obtained on training sample (n=40); grouping variable – sex of a nestling; 5 variables in a model.

Табл. 7. Определение пола птенцов из обучающей выборки (n=40) с помощью классификационной функции и сравнение с результатами определения пола молекулярно-генетическими методами.

Table 7. Sex prediction for nestlings from the training set (n=40) via classification function and its comparison with molecular-genetic sex definition.

№	Регион / Region	Sf	Пол, МГМ / Sex, MGM	Пол, ДА / Sex, DA
1	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-1.08	Самка / Female	Самец / Male
2	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	7.04	Самка / Female	Самка / Female
3	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	11.52	Самка / Female	Самка / Female
4	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	11.04	Самка / Female	Самка / Female
5	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	5.80	Самка / Female	Самка / Female
6	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	6.71	Самка / Female	Самка / Female
7	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	5.84	Самка / Female	Самка / Female
8	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	4.28	Самка / Female	Самка / Female
9	Алтай / Altai Mts.	2.84	Самка / Female	Самка / Female
10	Алтай / Altai Mts.	-1.72	Самка / Female	Самец / Male
11	Алтай / Altai Mts.	4.81	Самка / Female	Самка / Female
12	Алтай / Altai Mts.	7.46	Самка / Female	Самка / Female
13	Алтай / Altai Mts.	3.75	Самка / Female	Самка / Female
14	Алтай / Altai Mts.	5.62	Самка / Female	Самка / Female
15	Алтай / Altai Mts.	9.82	Самка / Female	Самка / Female
16	Алтай / Altai Mts.	4.78	Самка / Female	Самка / Female
17	Алтай / Altai Mts.	12.97	Самка / Female	Самка / Female
18	Алтай / Altai Mts.	13.07	Самка / Female	Самка / Female
19	Алтай / Altai Mts.	8.28	Самка / Female	Самка / Female
20	Алтай / Altai Mts.	8.47	Самка / Female	Самка / Female
21	Алтай / Altai Mts.	11.62	Самка / Female	Самка / Female
22	Алтай / Altai Mts.	-13.28	Самец / Male	Самец / Male
23	Алтай / Altai Mts.	-8.25	Самец / Male	Самец / Male
24	Алтай / Altai Mts.	-13.52	Самец / Male	Самец / Male
25	Алтай / Altai Mts.	-7.24	Самец / Male	Самец / Male
26	Алтай / Altai Mts.	-11.14	Самец / Male	Самец / Male
27	Алтай / Altai Mts.	-4.90	Самец / Male	Самец / Male
28	Алтай / Altai Mts.	-8.25	Самец / Male	Самец / Male
29	Алтай / Altai Mts.	-15.39	Самец / Male	Самец / Male
30	Алтай / Altai Mts.	-12.70	Самец / Male	Самец / Male
31	Алтай / Altai Mts.	-12.30	Самец / Male	Самец / Male
32	Алтай / Altai Mts.	-6.70	Самец / Male	Самец / Male
33	Алтай / Altai Mts.	-3.39	Самец / Male	Самец / Male
34	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-6.83	Самец / Male	Самец / Male
35	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-14.55	Самец / Male	Самец / Male
36	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-1.55	Самец / Male	Самец / Male
37	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-6.24	Самец / Male	Самец / Male
38	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-13.32	Самец / Male	Самец / Male
39	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-12.59	Самец / Male	Самец / Male
40	Центральный Казахстан / Central Kazakhstan	-10.85	Самец / Male	Самец / Male

Табл. 8. Определение пола птенцов из тестовой выборки с помощью классификационной функции ($n=28$, молекулярно-генетические методы для определения пола не применялись – пол неизвестен).

Table 8. Sex prediction for nestlings from the test set via classification function ($n=28$, molecular methods were not implemented – sex is unknown).

№	Регион / Region	Sf	Пол, ДА / Sex, DA
41	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	3.88	Самка / Female
42	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	0.04	??? (значение близкое к нулю)
43	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-3.45	Самец / Male
44	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-2.48	Самец / Male
45	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-14.30	Самец / Male
46	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-2.04	Самец / Male
47	Алтай / Altai Mts.	-0.30	??? (значение близкое к нулю)
48	Алтай / Altai Mts.	3.18	Самка / Female
49	Алтай / Altai Mts.	6.05	Самка / Female
50	Алтай / Altai Mts.	4.31	Самка / Female
51	Алтай / Altai Mts.	3.17	Самка / Female
52	Алтай / Altai Mts.	10.26	Самка / Female
53	Алтай / Altai Mts.	15.87	Самка / Female
54	Алтай / Altai Mts.	9.19	Самка / Female
55	Алтай / Altai Mts.	-14.43	Самец / Male
56	Алтай / Altai Mts.	-9.88	Самец / Male
57	Алтай / Altai Mts.	-9.55	Самец / Male
58	Алтай / Altai Mts.	-6.90	Самец / Male
59	Алтай / Altai Mts.	-14.93	Самец / Male
60	Алтай / Altai Mts.	-18.99	Самец / Male
61	Алтай / Altai Mts.	-11.30	Самец / Male
62	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-12.95	Самец / Male
63	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-13.11	Самец / Male
64	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-15.63	Самец / Male
65	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-12.82	Самец / Male
66	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-8.89	Самец / Male
67	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-17.89	Самец / Male
68	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	-15.11	Самец / Male

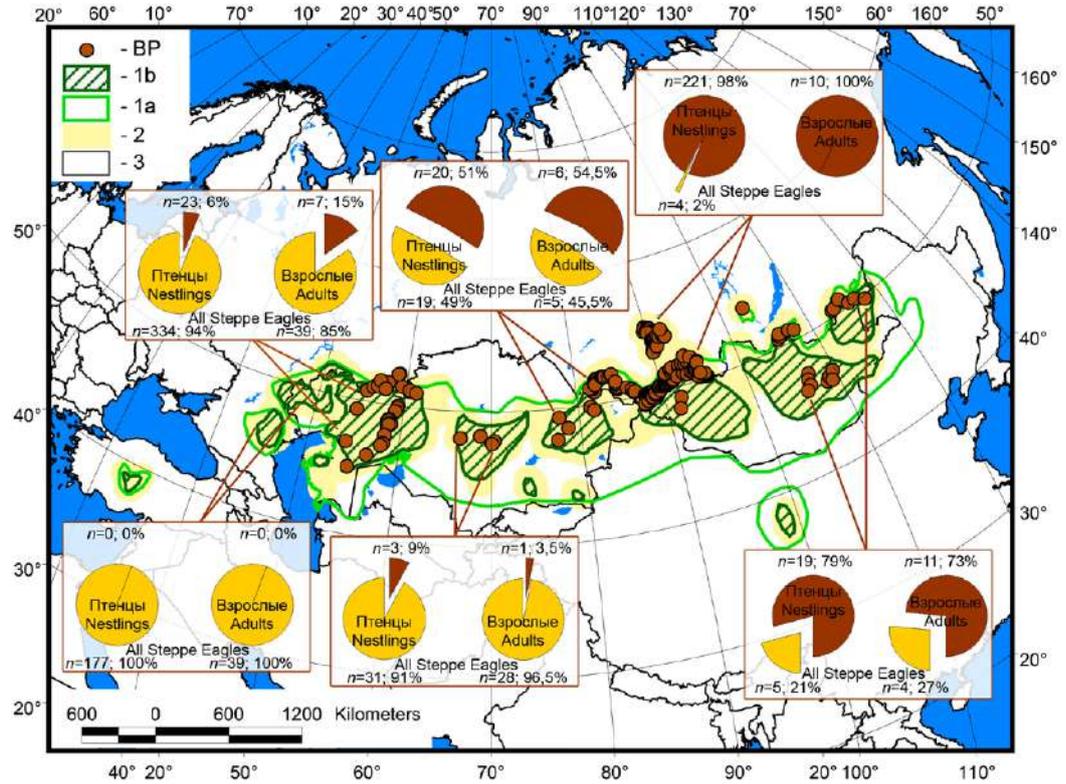
Мы применили полученную функцию классификации к птенцам, пол которых не был определён генетически ($n=28$). При этом 18 из них оказались отнесёнными к самцам и 8 – к самкам и 2-х птиц не удалось разнести по группам по причине пограничного значения классификационной функции (одна птица из Центрального Казахстана и одна – из Республики Алтай). Таким образом, удалось разнести по группам 92,86 % птиц (табл. 8).

Результаты недавних исследований показали отсутствие в гнездовом ареале степного орла строгой клинальной изменчивости у птиц. У этого вида увеличение размеров идёт со всех сторон ареала в современном его контуре к его центру, где в Алтае-Саянском регионе сосредоточены самые крупные птицы. При этом в горных группах (Мугоджары, Южный Урал, Казахстанский мелкосопочник) как на западе, так и на юге ареала степного орла, встречаются гнездящиеся крупные птицы (часто в парах!), размер которых достаточно сильно выделяется на фоне «мелких соседей» (см. рис. 8). Было сделано предположение, что во многих популяциях степные орлы представлены птицами двух размерных классов – мелкого и крупного, и мы предполагаем, что крупные птицы либо происходят из популяций Алтае-Саянского региона, либо несут в себе адаптивные признаки к размножению в горных условиях (Карякин и др., 2016b).

Для определения значимости различий между средними значениями ряда измерений птенцов степного орла в 4-х группах (самки из Центрального Казахстана $n=8$, самцы из Центрального Казахстана $n=7$, самки с Алтая $n=13$, самцы с Алтая $n=12$) был проведён дисперсионный анализ (ANOVA). Критерий наименьшей значимой разности (НЗР или LSD-тест) показал, что по длине клюва от лба, длине клюва от восковицы, высоте клюва, длине и диаметру цевки не выявлено достоверных различий между самцами из Центрального Казахстана и самцами с Алтая, по высоте клюва, длине хвоста и длине крыла – между самцами из Центрального Казахстана и самками из Центрального Казахстана, зато по длине клюва от лба, длине клюва от восковицы, длине клюва от ноздри, разрезу рта, размерам цевки, имеются достоверные различия между самцами из Центрального Казахстана и самками из обоих регионов, по длине клюва от ноздри, разрезу рта, крылу и хвосту – между самцами из Центрального Казахстана и Алтая, а по длине клюва от лба,

Рис. 8. Регистрации крупных степных орлов в разных популяциях. Условные обозначения: ВР – гнездящиеся пары крупных птиц, 1b – популяции и гнездовые группировки, 1a – контур гнездового ареала, 2 – основная область гнездования, 3 – границы стран. По: Карякин и др., 2016.

Fig. 8. Registrations of big-size Steppe Eagles in different populations. Legend: ВР – breeding pairs of big-size birds, 1b – breeding populations and nesting groups, 1a – border of the breeding range, 2 – main breeding areas, 3 – countries borders. From: Karyakin et al., 2016.



длине клюва от восковицы, высоте клюва, разрезу рта, диаметру цевки, длине крыла и хвоста – между самками из Центрального Казахстана и Алтая (табл. 9).

Попытка разделить с помощью дискриминантного анализа птенцов из обучающей выборки ($n=40$) по четырём группам (самки из Центрального Казахстана $n=8$, самцы из Центрального Казахстана $n=7$, самки с Алтая $n=13$, самцы с Алтая $n=12$) также увенчалась успехом. В анализе также были использованы морфометрические

характеристики и их отношение друг к другу. Отбор переменных проводился с помощью алгоритма Forward Stepwise. В результирующий анализ были отобраны 19 переменных (табл. 10), которые показали очень хорошее разделение птиц на 4 группы по трём корневым векторам (рис. 9). Первый вектор делит выборку по половой принадлежности птицы (больше нуля – самки, меньше – самцы), второй вектор разделяет казахстанских и алтайских самцов (больше нуля – Алтай, меньше нуля –

Разница в визуальных размерах самца и самки в зависимости от разницы в их возрасте: слева самка старше самца на несколько дней, справа – самец старше самки на несколько дней. Фото И. Карякина и Э. Николенко.

The difference in the visual dimensions of the male and female, depending on the difference in their age: at the left – female is older than the male on several days, at the right – male is older than the female on several days. Photos by I. Karyakin and E. Nikolenko.



Табл. 9. Результаты LSD-теста по 9 промерам птенцов степного орла с группировкой по полу и области происхождения – Центральный Казахстан (ЦК) или Алтай.

Table 9. Results of LSD-test for the set of 9 measurements of nestlings of the Steppe Eagle with sex and area of origin – Central Kazakhstan (CKZ) or Altai as grouping variables.

	Самки из ЦК Females from CK	Самки с Алтая Females from Altai	Самцы с Алтая Males from Altai	Самцы из ЦК Males from CK
<i>DKL</i>	<i>M=48.688</i>	<i>M=51.577</i>	<i>M=46.942</i>	<i>M=44.943</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.016394	0.142910	0.007504
Самки с Алтая / Females from Altai	0.016394		0.000062	0.000003
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.142910	0.000062		0.108525
Самцы из ЦК / Males from CK	0.007504	0.000003	0.108525	
<i>DKV</i>	<i>M=34.388</i>	<i>M=36.231</i>	<i>M=33.483</i>	<i>M=32.000</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.013059	0.215351	0.005747
Самки с Алтая / Females from Altai	0.013059		0.000101	0.000002
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.215351	0.000101		0.054723
Самцы из ЦК / Males from CK	0.005747	0.000002	0.054723	
<i>DKN</i>	<i>M=30.325</i>	<i>M=31.415</i>	<i>M=29.033</i>	<i>M=27.700</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.087142	0.047604	0.000767
Самки с Алтая / Females from Altai	0.087142		0.000120	0.000002
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.047604	0.000120		0.049602
Самцы из ЦК / Males from CK	0.000767	0.000002	0.049602	
<i>VK</i>	<i>M=24.075</i>	<i>M=25.223</i>	<i>M=22.858</i>	<i>M=22.943</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.044571	0.036560	0.083175
Самки с Алтая / Females from Altai	0.044571		0.000027	0.000336
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.036560	0.000027		0.885690
Самцы из ЦК / Males from CK	0.083175	0.000336	0.885690	
<i>RR</i>	<i>M=69.287</i>	<i>M=72.385</i>	<i>M=68.542</i>	<i>M=63.857</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.033846	0.604165	0.001864
Самки с Алтая / Females from Altai	0.033846		0.004028	0.000001
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.604165	0.004028		0.003255
Самцы из ЦК / Males from CK	0.001864	0.000001	0.003255	
<i>DC</i>	<i>M=105.11</i>	<i>M=108.72</i>	<i>M=100.93</i>	<i>M=98.229</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.165585	0.115536	0.024784
Самки с Алтая / Females from Altai	0.165585		0.001540	0.000356
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.115536	0.001540		0.323167
Самцы из ЦК / Males from CK	0.024784	0.000356	0.323167	
<i>SHC</i>	<i>M=12.262</i>	<i>M=13.312</i>	<i>M=11.363</i>	<i>M=11.121</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.000296	0.001738	0.000564
Самки с Алтая / Females from Altai	0.000296		0.000000	0.000000
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.001738	0.000000		0.390144
Самцы из ЦК / Males from CK	0.000564	0.000000	0.390144	
<i>DK</i>	<i>M=340.63</i>	<i>M=400.00</i>	<i>M=385.00</i>	<i>M=328.57</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.002924	0.024421	0.577087
Самки с Алтая / Females from Altai	0.002924		0.371272	0.000755
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.024421	0.371272		0.006884
Самцы из ЦК / Males from CK	0.577087	0.000755	0.006884	
<i>DH</i>	<i>M=168.75</i>	<i>M=206.15</i>	<i>M=198.75</i>	<i>M=166.43</i>
Самки из ЦК / Females from CK		0.003766	0.019448	0.868347
Самки с Алтая / Females from Altai	0.003766		0.495632	0.003245
Самцы с Алтая / Males from Altai	0.019448	0.495632		0.015945
Самцы из ЦК / Males from CK	0.868347	0.003245	0.015945	

Табл. 10. Переменные, включённые в дискриминантный анализ по обучающей выборке (n=40), где в роли группирующей переменной выступало разделение птенцов на 4 группы по полу и популяции (самки из Центрального Казахстана, самки с Алтая, самцы с Алтая, самцы из Центрального Казахстана) и классификационные коэффициенты для этих переменных. Наиболее значимые переменные выделены жирным курсивом.

Table 10. Variables in the model obtained via discriminant analysis on training sample of nestlings (n=40) with combination of sex and population of origin as grouping variable (4 groups: females from Central Kazakhstan – CKZ, females from Altai, males from Altai, males from CKZ) and classification coefficients. The most significant variables are emphasized with bold italic.

Переменная Variable n=40	Wilks's Lambda = 0.003, F (57.54) = 6.07, p < 0.000						Функция классификации Classification functions			
	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (3.18)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	Центральный Казахстан Central Kazakhstan		Русский Алтай Russian Altai	
							Самка Female (n=8) p=0.200	Самец Male (n=7) p=0.175	Самка Female (n=13) p=0.325	Самец Male (n=12) p=0.300
SHC	0.00293	0.89295	0.71933	0.55335	0.00349	0.99651	32681	32677	32639	32597
VK/DK	0.00359	0.72883	2.23236	0.11945	0.00014	0.99986	8208861	8175418	8149974	8163414
DKV/DKN	0.00304	0.85983	0.97815	0.42494	0.00092	0.99908	1532938	1534189	1532554	1535853
RR/DK	0.00655	0.39936	9.02404	0.00073	0.00005	0.99995	-3506123	-3495944	-3476252	-3445704
DKN/DH	0.00468	0.55846	4.74382	0.01312	0.00003	0.99997	-4464525	-4458705	-4437933	-4401111
DH	0.00541	0.48372	6.40398	0.00384	0.00508	0.99492	145	144	145	142
VK/SHC	0.00313	0.83477	1.18760	0.34243	0.00058	0.99942	358735	359242	359905	359362
SHC/DK	0.00347	0.75453	1.95194	0.15744	0.00013	0.99988	-19121748	-19081202	-19027805	-19035929
DKN/SHC	0.00430	0.60907	3.85106	0.02728	0.00011	0.99989	78597	79007	77349	80320
DKN/VK	0.00371	0.70423	2.51998	0.09053	0.00045	0.99955	1029229	1027562	1029502	1026047
VK	0.00658	0.39774	9.08511	0.00070	0.00044	0.99956	13047	12949	13011	12833
DKN	0.00322	0.81174	1.39153	0.27761	0.00035	0.99965	7622	7701	7705	7740
DKV/SHC	0.00460	0.56887	4.54726	0.01534	0.00014	0.99986	-267881	-268410	-267225	-269957
DK	0.00366	0.71506	2.39086	0.10245	0.00227	0.99773	-59	-58	-59	-57
VK/DH	0.00349	0.74995	2.00051	0.15003	0.00012	0.99989	-2467571	-2455607	-2446819	-2442970
RR/DH	0.00668	0.39176	9.31539	0.00062	0.00003	0.99997	1862962	1857684	1848389	1831418
DKN/DK	0.00492	0.53177	5.28314	0.00864	0.00005	0.99995	8759425	8748615	8696886	8630044
DKV	0.00329	0.79567	1.54083	0.23829	0.00052	0.99948	-27723	-27720	-27754	-27656
SHC/DH	0.00322	0.81366	1.37409	0.28263	0.00014	0.99986	5893031	5881462	5866803	5857374
Константа / Constant							-1590079	-1589945	-1590485	-1588815
Процент правильных классификаций Percent of correct classifications							100 %	100 %	100 %	100 %

Казахстан, при условии, что птица – самец), а третий – казахстанских и Алтайских самок (больше нуля – Казахстан, меньше нуля – Алтай, при условии, что птица – самка), что отображено на графиках и в табл. 11. Для обучающей выборки получена 100 % верная классификация по группам.

Результат дискриминантного анализа (см. табл. 11) был применён к оставшимся 28 птицам, у которых пол не был определен генетически. Результаты приведены в табл. 12. Разница в определении пола у птиц между текущим анализом и классификационной формулой, полученной ранее (табл. б),

составила 4 случая (табл. 12: птицы № 43, № 44, № 46 и № 64), без учёта птиц, чье определение пола по формуле мы сочли ненадёжным. Птицы, которым ранее не удалось установить пол, в этом анализе все были отнесены к самкам. Все птицы, определённые в текущем анализе как самки, были правильно распределены по группам, согласно региону происхождения. Среди птиц, определённых в текущем анализе как самцы, было выявлено пять ошибок (табл. 12: № 45, № 62, № 63, № 67, № 68), все они связаны с неправильным определением популяционной принадлежности самцов из

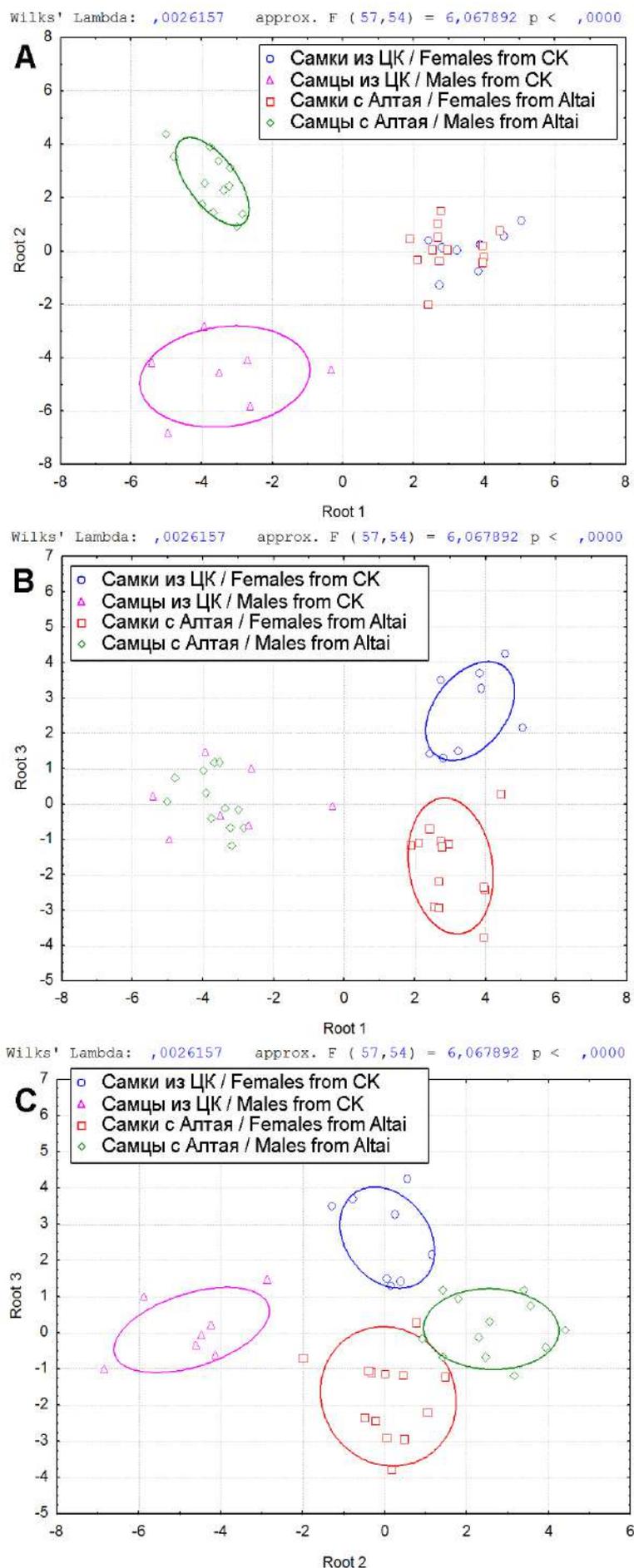


Рис. 9. Распределение канонических значений дискриминантной функции, полученной для разделения обучающей выборки ($n=40$) на 4 группы согласно полу и региону происхождения птенцов, в пространстве трёх корневых векторов. 19 переменных в модели. Синие круги – самки из Центрального Казахстана, красные квадраты – самки с Алтая, зелёные ромбы – самцы с Алтая, розовые треугольники – самцы из Центрального Казахстана. Расположение точек: (A) в плоскости 1 и 2 векторов (вектор 1 отделяет самцов от самок, вектор 2 отделяет самцов из Центрального Казахстана от самцов из Алтая); (B) в плоскости 1 и 3 векторов (вектор 1 отделяет самцов от самок, вектор 2 отделяет самок из Центрального Казахстана от самок из Алтая); (C) в плоскости 2 и 3 векторов – все 4 группы лежат отдельно.

Fig. 9. Scatterplot for canonical scores of discriminant function calculated on training sample of nestlings divided on groups by sex and region of origin. 19 variables in the model. Blue circles – females from Central Kazakhstan (CKZ), red squares – females from Altai, green rums – males from Altai, purple triangles – males from CKZ. Positioning of points in the plane: (A) of roots 1 and 2 (root 1 separates males from females, root 2 separates males from CKZ from males from Altai); (B) of roots 1 and 3 (root 1 separates males from females, root 3 separates females from CKZ from females from Altai); (C) of roots 2 and 3 – all 4 groups are separated from each other.

гнезд Центрального Казахстана – это были крупные птицы, умеренные в горных группах, размерный класс которых соответствовал алтайским.

В подтверждение описанной выше гипотезы о двух размерных классах степных орлов в популяции, а также для апробирования разработанной морфометрической методики определения пола птенцов степных орлов, нами был проведён анализ размеров птиц из западноказахстанской популяции. Промеры птенцов сделаны в 2010 и 2016 гг. в рамках проектов по мониторингу степного орла в Оренбургской области (Россия), а также в Западно-Казахстанской и Актюбинской областях Казахстана (Карякин и др., 2013; Карякин и др., 2016а; Изучение..., 2016). В этих регионах на равнине сосредоточены гнездовые группировки степных орлов, близких по размерам к таковым из Центрального Казахстана, а в горных группах (Мугоджары и кварцитовые гряды Южного Урала и Зауралья в бассейне Ори) встречаются крупные птицы, близкие по размерам к алтайским. Поэтому крайне интересно было оценить возможности классификации по полу и размерным классам западноказахстанских орлов, на основании модели, полученной по промерам птиц из других регионов ареала вида.

Применение классификационной формулы, разделяющей птиц по полу, показало

Табл. 11. Канонические значения дискриминантной функции по трём коревым векторам, полученной для классификации обучающей выборки птенцов (n=40, генетически определённый пол) степного орла по четырём группам согласно их половой и популяционной принадлежности. См. описание в тексте.

Table 11. Canonical scores of discriminant function separated training sample of nestlings (n=40, sex determined genetically) on 4 groups according their sex and place of origin. See description in the text.

	Регион, полевые данные Region, field data	Пол, МГМ Sex, MGM	Root 1	Пол, ДА Sex, DA	Root 2	Регион, ДА Region, DA	Root 3	Регион, ДА Region, DA
1	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	3,83905	Самка / Female	-0,76690	-----	3,68580	ЦК / CKZ
2	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	2,80713	Самка / Female	0,14019	-----	1,30483	ЦК / CKZ
3	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	3,86135	Самка / Female	0,25485	-----	3,27084	ЦК / CKZ
4	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	4,57427	Самка / Female	0,57091	-----	4,24512	ЦК / CKZ
5	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	2,73217	Самка / Female	-1,27306	-----	3,48136	ЦК / CKZ
6	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	3,22791	Самка / Female	0,04841	-----	1,50444	ЦК / CKZ
7	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	2,41609	Самка / Female	0,39997	-----	1,39604	ЦК / CKZ
8	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка / Female	5,06661	Самка / Female	1,15519	-----	2,15034	ЦК / CKZ
9	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,96002	Самка / Female	0,02488	-----	-1,13612	Алтай / Altai
10	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	1,90655	Самка / Female	0,43822	-----	-1,16956	Алтай / Altai
11	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,13453	Самка / Female	-0,32715	-----	-1,10463	Алтай / Altai
12	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	3,99533	Самка / Female	-0,21103	-----	-2,46075	Алтай / Altai
13	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,52556	Самка / Female	0,05228	-----	-2,91184	Алтай / Altai
14	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,41621	Самка / Female	-1,99212	-----	-0,71443	Алтай / Altai
15	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,69984	Самка / Female	0,49797	-----	-2,93831	Алтай / Altai
16	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,77963	Самка / Female	1,49382	-----	-1,20924	Алтай / Altai
17	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	3,96309	Самка / Female	0,19109	-----	-3,77517	Алтай / Altai
18	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	4,44039	Самка / Female	0,78604	-----	0,27383	Алтай / Altai
19	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,73504	Самка / Female	-0,37298	-----	-1,05538	Алтай / Altai
20	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	3,94507	Самка / Female	-0,46664	-----	-2,37941	Алтай / Altai
21	Алтай / Altai Mts.	Самка / Female	2,68725	Самка / Female	1,04890	-----	-2,21428	Алтай / Altai
22	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-4,77518	Самец / Male	3,55248	Алтай / Altai	0,72780	
23	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-2,98845	Самец / Male	0,92869	Алтай / Altai	-0,17129	
24	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-3,75905	Самец / Male	3,91747	Алтай / Altai	-0,38438	
25	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-2,85644	Самец / Male	1,41047	Алтай / Altai	-0,68649	
26	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-3,18655	Самец / Male	3,14715	Алтай / Altai	-1,17038	
27	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-3,22256	Самец / Male	2,46300	Алтай / Altai	-0,67506	
28	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-4,00447	Самец / Male	1,77646	Алтай / Altai	0,95245	
29	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-3,52016	Самец / Male	3,38074	Алтай / Altai	1,16863	
30	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-3,69311	Самец / Male	1,43179	Алтай / Altai	1,17761	
31	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-5,03755	Самец / Male	4,39837	Алтай / Altai	0,06662	
32	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-3,37589	Самец / Male	2,28129	Алтай / Altai	-0,11188	
33	Алтай / Altai Mts.	Самец / Male	-3,90987	Самец / Male	2,56533	Алтай / Altai	0,32566	
34	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец / Male	-2,60409	Самец / Male	-5,85093	ЦК / CKZ	0,99721	
35	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец / Male	-3,49286	Самец / Male	-4,59346	ЦК / CKZ	-0,35298	
36	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец / Male	-0,32320	Самец / Male	-4,47019	ЦК / CKZ	-0,09184	
37	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец / Male	-2,70444	Самец / Male	-4,10991	ЦК / CKZ	-0,61431	
38	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец / Male	-4,95857	Самец / Male	-6,83860	ЦК / CKZ	-1,03392	
39	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец / Male	-5,39342	Самец / Male	-4,23560	ЦК / CKZ	0,19054	
40	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец / Male	-3,90726	Самец / Male	-2,84739	ЦК / CKZ	1,44253	

Табл. 12. Применение дискриминантной функции, полученной для разделения обучающей выборки на 4 группы согласно их половой и популяционной принадлежности, к тестовой группе (n=28, пол не определен генетически): канонические значения дискриминантной функции по трем корневым векторам. Жирным шрифтом выделены расхождения в определении пола между классификационной формулой и текущим анализом, жирным курсивом – неправильно определенный регион происхождения по сравнению с полевыми данными. См. описание в тексте.

Table 12. Applying of DF calculated on training sample with sex and place of origin (4 groups in total) as a grouping variable to a test sample (n=28, sex is not determined genetically): canonical scores of discriminant function. Bold text marks discrepancy in sex ID between classification formula and current DA; bold italics text marks mistakes of the current DA in defining the place of nestling's origin comparing to the field data. See description in the text.

№	Регион, полевые данные Region, field data	Пол, класс. формула Sex, classif. formula	Root 1	Пол, ДА Sex, DA	Root 2	Регион, ДА Region, DA	Root 3	Регион, ДА Region, DA
41	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самка Female	4,56349	Самка Female	2,46271	-----	0,68718	ЦК / CKZ
42	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	??? (значение близкое к нулю)	1,02194	Самка Female	3,53580	-----	3,16488	ЦК / CKZ
43	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	0,23527	Самка Female	3,26962	-----	4,38741	ЦК / CKZ
44	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	1,68127	Самка Female	-3,38245	-----	1,01641	ЦК / CKZ
45	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	-1,64668	Самец Male	11,21308	Алтай Altai	1,96926	-----
46	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	3,21466	Самка Female	3,45327	-----	1,06913	ЦК / CKZ
47	Алтай / Altai Mts.	??? (значение близкое к нулю)	1,69297	Самка Female	0,03479	-----	-1,35962	Алтай Altai
48	Алтай / Altai Mts.	Самка Female	1,58263	Самка Female	-0,19655	-----	-1,24069	Алтай Altai
49	Алтай / Altai Mts.	Самка Female	3,20191	Самка Female	0,14188	-----	-2,35072	Алтай Altai
50	Алтай / Altai Mts.	Самка Female	2,83012	Самка Female	-0,32569	-----	-2,98479	Алтай Altai
51	Алтай / Altai Mts.	Самка Female	2,13482	Самка Female	1,75973	-----	-1,39578	Алтай Altai
52	Алтай / Altai Mts.	Самка Female	3,68605	Самка Female	-0,04339	-----	-2,43805	Алтай Altai
53	Алтай / Altai Mts.	Самка Female	6,37894	Самка Female	-1,44266	-----	-1,86952	Алтай Altai
54	Алтай / Altai Mts.	Самка Female	3,15754	Самка Female	-0,17613	-----	-1,07164	Алтай Altai
55	Алтай / Altai Mts.	Самец Male	-5,93323	Самец Male	3,96883	Алтай Altai	0,29369	-----
56	Алтай / Altai Mts.	Самец Male	-4,10761	Самец Male	0,13900	Алтай Altai	0,24405	-----
57	Алтай / Altai Mts.	Самец Male	-4,02705	Самец Male	2,09125	Алтай Altai	-2,30970	-----
58	Алтай / Altai Mts.	Самец Male	-2,83684	Самец Male	1,88567	Алтай Altai	-0,73911	-----
59	Алтай / Altai Mts.	Самец Male	-4,38052	Самец Male	2,02281	Алтай Altai	1,13206	-----
60	Алтай / Altai Mts.	Самец Male	-7,31528	Самец Male	10,41170	Алтай Altai	-1,71643	-----
61	Алтай / Altai Mts.	Самец Male	-2,59576	Самец Male	8,49239	Алтай Altai	-1,31807	-----
62	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	-3,62392	Самец Male	5,82035	Алтай Altai	0,43661	-----
63	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	-1,06570	Самец Male	7,47740	Алтай Altai	-0,45395	-----
64	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	1,33061	Самка Female	13,48064	-----	6,14355	ЦК / CKZ
65	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	-3,01657	Самец Male	-2,16699	КЗ / KZ	0,36447	-----
66	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	-3,84887	Самец Male	-6,31041	КЗ / KZ	1,35000	-----
67	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	-9,17318	Самец Male	7,02242	Алтай Altai	-0,64667	-----
68	Центральный Казахстан Central Kazakhstan	Самец Male	-5,80795	Самец Male	3,40741	Алтай Altai	0,06897	-----

Табл. 13. Определение пола птенцов степного орла из Западного Казахстана (n=14, пол не определён генетически, размерный класс – не известен) по классификационной формуле (5 переменных), рассчитанной для разделения обучающей выборки на 2 группы, согласно полу птенцов: канонические значения (значения больше нуля – самки, меньше нуля – самцы).

Table 13. Defining sex of nestlings originated from Western Kazakhstan (n=14, sex is not determined genetically, size class is unknown) by classification formula (5 variables) calculated on training sample of nestlings: canonical scores. Values above zero – females, below zero – males.

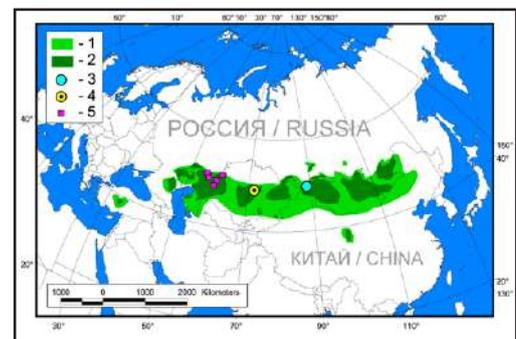
№	Регион, полевые данные Region, field data	Sf	Пол / Sex
69	Западный КЗ / Western KZ	-14.04	Самец / Male
70	Западный КЗ / Western KZ	-12.90	Самец / Male
71	Западный КЗ / Western KZ	-9.25	Самец / Male
72	Западный КЗ / Western KZ	-9.35	Самец / Male
73	Западный КЗ / Western KZ	-15.09	Самец / Male
74	Западный КЗ / Western KZ	-13.56	Самец / Male
75	Западный КЗ / Western KZ	-11.87	Самец / Male
76	Западный КЗ / Western KZ	6.25	Самка / Female
77	Западный КЗ / Western KZ	6.58	Самка / Female
78	Западный КЗ / Western KZ	-0.57	?? (значение близкое к нулю)
79	Западный КЗ / Western KZ	-0.46	?? (значение близкое к нулю)
80	Западный КЗ / Western KZ	6.90	Самка / Female
81	Западный КЗ / Western KZ	12.19	Самка / Female
82	Западный КЗ / Western KZ	-1.12	?? (значение близкое к нулю)

ло наличие 7 самцов и 4 самок в выборке из 14 орлов, ещё у трёх птиц пол не определён – значение классификационной функции оказалось близким к нулю (табл. 13). Применение метода разделения на 4 группы дало деление птиц по полу – 7 самцов и 7 самок. А также отнесло 5 самок к размерному классу птиц из Казахстана, а двух – к Алтайским, а самцов поделило в соотношении 3 крупных (группа Алтайских самцов) и 4 мелких (группа Казахстан) (табл. 14). Отображение канонических значений дискриминантной функции в виде графика показало, что фактически все птицы из западно-казахстанской популяции лежат внутри кластеров, полученных для ЦК и Алтая, лишь незначительно увеличивая зону перекрытия между кластерами за счёт одной самки, оказавшейся на границе между группами крупных и мелких самок (рис. 10). Это говорит о том, что в популяции действительно присутствуют два размерных класса, а анализ по совокупности морфометрических параметров позволяет отличать мелких самок от крупных самцов, как внутри одной популяции, так и между популяциями, с точностью выше 85 %.

Заклучение

Дискриминантный анализ по обучающей выборке состоящей из 40 птенцов степного орла с генетически определённым полом показал, что на основе морфометрических данных возможно определять пол птенцов в возрасте 45–55 дней, даже в тех гнездовых группировках, в которых размножающиеся птицы представлены 2-мя размерными классами. Минимальным набором переменных, необходимым для достоверной классификации более 90 % выборки, являются следующие пять переменных: диаметр цевки (SHC), длина хвоста (DH), отношение длины клюва до восковицы к длине хвоста (DKV/DH), отношение длины клюва от ноздри к длине хвоста (DKN/DH) и отношение длины (разреза) рта к длине цевки (RR/DC). На основе дискриминантной функции была выведена классификационная формула, которая характеризует птенцов как самок при значениях больше нуля и как самцов при значениях меньше нуля. Ограничением формулы, с которым связаны все случаи ошибочной классификации, является то, что при близких к нулю значениях результат теряет свою надёжность.

При использовании 19 переменных (DKV, DKN, VK, SHC, DK, DH, VK/DK, DKV/DKN, RR/DK, DKN/DH, VK/SHC, SHC/DK, DKN/SHC, DKN/VK, DKV/SHC, VK/DH, RR/DH, DKN/DK, SHC/DH) удалось добиться более точного разделения по полу и размерному классу птиц: мелкие самки, крупные самки, мелкие самцы, крупные самцы, что крайне актуально для определения пола птиц в гнездовых группировках степных орлов в западной части гнездового ареала на пространстве от Волги до Алтая.



Птенцы степного орла из одного выводка с большой разницей в возрасте. Фото И. Карякина.

A brood of the Steppe Eagle in which nestlings with a large age difference. Photo by I. Karyakin.

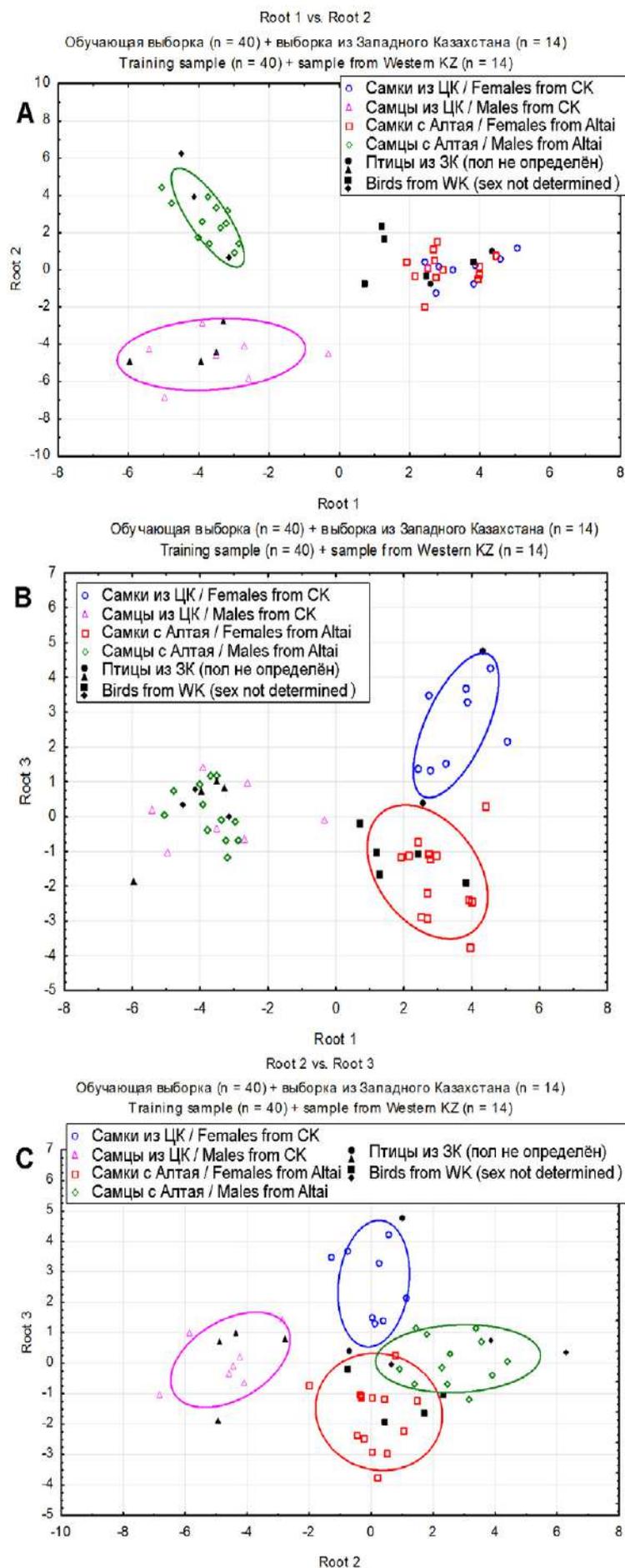


Рис. 10. Применение результатов дискриминантного анализа (19 переменных) для разделения обучающей выборки на 4 группы, согласно полу и популяционной принадлежности, к объединённому множеству птенцов из Западного Казахстана (n=14, пол не определен генетически, размерный класс – не известен) и птенцов из Центрального Казахстана и Алтая из обучающей выборки (n=40): отображение канонических значений в пространстве трёх векторов. Синие круги – мелкие самки из Центрального Казахстана, красные квадраты – крупные самки с Алтая, зелёные ромбы – крупные самцы с Алтая, розовые треугольники – мелкие самцы из Центрального Казахстана, черные фигуры – птенцы из Западного Казахстана. См. пояснения в тексте. Расположение точек: (А) в плоскости 1 и 2 векторов (вектор 1 отделяет самцов от самок, вектор 2 отделяет самцов из Центрального Казахстана от самцов из Алтая); (В) в плоскости 1 и 3 векторов (вектор 1 отделяет самцов от самок, вектор 2 отделяет самок из Центрального Казахстана от самок из Алтая); (С) в плоскости 2 и 3 векторов – все 4 группы лежат отдельно.

Fig. 10. Applying of discriminant function (19 variables in the model) calculated on training sample with sex and place of origin (4 groups in total) as a grouping variable to a united set of samples of nestlings originated from Western Kazakhstan (n=14, sex is not determined genetically, size class is unknown) and training samples (n=40): scatterplot for canonical scores. Blue circles – small females from CKZ, red squares – big females from Altai, green rums – big males from Altai, purple triangles – small males from CKZ, black figures – nestlings from Western KZ. See description in the text. Positioning of points in the plane: (A) of roots 1 and 2 (root 1 separates males from females, root 2 separates males from CKZ from males from Altai); (B) of roots 1 and 3 (root 1 separates males from females, root 3 separates females from CKZ from females from Altai); (C) of roots 2 and 3 – all 4 groups are separated from each other.

Благодарности

Авторы благодарят Эльвиру Николенко, Евгения Ракина, Марину Алексеенко, Генриетту Пуликову и Романа Голяшова за помощь в полевых исследованиях. Особая благодарность АСБК и лично Вере Вороновой и Сергею Скляренко, за финансовую и организационную помощь в работе группы в Казахстане, Сайлюгемскому нацпарку за организационную помощь в работе на Алтае, а также ТНК «Казхром», Алтае-Саянскому отделению WWF, Фонду «Мир вокруг тебя» корпорации «Сибирское здоровье» и The Altai Project/Earth Island Institute за финансирование экспедиций.

Литература

Бабушкин М.В., Шербинин Д.Н., Турутина М.А. Предварительные результаты идентификации пола птенцов скопы (*Pandion haliaetus*) методами генетического анализа ДНК из крови. –

Табл. 14. Применение результатов дискриминантного анализа (19 переменных) для разделения обучающей выборки на 4 группы, согласно полу и популяционной принадлежности птенцов, к выборке птенцов из Западного Казахстана (n=14, пол не определен генетически, размерный класс – не известен): канонические значения, сравнение с результатами, полученными по классификационной формуле, определение размерного класса. См. описание в тексте.

Table 14. Applying of discriminant function (19 variables) calculated on training sample with sex and place of origin (4 groups in total) as a grouping variable to a sample of nestlings originated from Western Kazakhstan (n=14, sex is not determined genetically, size class is unknown): canonical scores, comparison with classification formula, prediction of size class. See description in the text.

№	Регион, полевые данные Region, field data	Пол, класс. формула Sex, classif. formula	Регион, ДА		Регион, ДА		Регион, ДА	Размерный класс Size class	
			Root 1	Пол, ДА	Root 2	Root 3			
69	Западный КЗ Western KZ	Самец Male	-4,51130	Самец Male	6,26584	Алтай / Altai	0,35364	-----	Большой / Big
70	Западный КЗ Western KZ	Самец Male	-4,15095	Самец Male	3,88517	Алтай / Altai	0,77956	-----	Большой / Big
71	Западный КЗ Western KZ	Самец Male	-3,13706	Самец Male	0,66593	Алтай / Altai	-0,01639	-----	Большой / Big
72	Западный КЗ Western KZ	Самец Male	-3,94235	Самец Male	-4,88939	КЗ / KZ	0,72853	-----	Мелкий / Small
73	Западный КЗ Western KZ	Самец Male	-5,95491	Самец Male	-4,91790	КЗ / KZ	-1,84769	-----	Мелкий / Small
74	Западный КЗ Western KZ	Самец Male	-3,49512	Самец Male	-4,38597	КЗ / KZ	1,01530	-----	Мелкий / Small
75	Западный КЗ Western KZ	Самец Male	-3,29138	Самец Male	-2,78298	КЗ / KZ	0,83024	-----	Мелкий / Small
76	Западный КЗ Western KZ	Самка Female	2,45075	Самка Female	-0,30293	-----	-1,09401	Алтай / Altai	Большой / Big
77	Западный КЗ Western KZ	Самка Female	3,81736	Самка Female	0,42873	-----	-1,91047	Алтай / Altai	Большой / Big
78	Западный КЗ Western KZ	???	1,21169	Самка Female	2,31204	-----	-1,01307	Алтай / Altai	Большой / Big
79	Западный КЗ Western KZ	???	1,28152	Самка Female	1,69193	-----	-1,63930	Алтай / Altai	Большой / Big
80	Западный КЗ Western KZ	Самка Female	2,57054	Самка Female	-0,70410	-----	0,38592	КЗ / KZ	Мелкий / Small
81	Западный КЗ Western KZ	Самка Female	4,34331	Самка Female	0,99543	-----	4,75545	КЗ / KZ	Мелкий / Small
82	Западный КЗ Western KZ	???	0,70634	Самка Female	-0,75687	-----	-0,19107	Алтай / Altai	Большой / Big

Орлы Палеарктики: изучение и охрана – тезисы международной научно-практической конференции, Елабуга (Татарстан, Россия), 20–23 сентября 2013 г. / ред. А.А. Каюмов, И.В. Карякин, Э.Г. Николенко, Е.П. Шнайдер. Елабуга, 2013. С. 54. [Babushkin M.V., Sherbinin D.N., Turutina M.A. Preliminary Results of Identification of Sex of Osprey *Pandion haliaetus* Nestlings Using Genetic Analysis of DNA From Blood. – Eagles of Palearctic: Study and Conservation – Abstracts of the International Scientific and Practical Conference, Elabuga, Tatarstan Republic, Russia, 20–23 September 2013 / Eds. A.A. Kayumov, I.V. Karyakin, E.G. Nikolenko, E.P. Shnyder. Elabuga, 2013: 54]. URL: <http://irrcn.ru/ru/archives/19978> Дата обращения: 10.12.2017.

Бабушкин М.В., Шербинин Д.Н., Демина О.А. Половой состав выводков скопы в Дарвинском заповеднике и национальном парке «Русский Север». – Хищные птицы Северной Евразии. Проблемы и адаптации в современных условиях: материалы VII Международной конференции РИСС, г. Сочи, 19–24 сентября 2016 г. / Отв. ред. В.П. Белик. Ростов-на-Дону: изд. Южного федерального университета, 2016. С. 363–367. [Babushkin M.V., Sherbinin D.N., Demina O.A. The sex structure of the Osprey broods in the Darwin State Nature Reserve and the National Park “Russkiy Sever” (Russian North). – Birds of Prey in the Northern Eurasia: Problems and adaptations in current environment: Proceedings of the VII International Conference on Birds of Prey

and Owls of Northern Eurasia, Sochi, 19–24 September 2016 / Ed. V.P. Belik. Rostov-on-Don, 2016: 363–367. (in Russian). URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/27385> Дата обращения: 10.12.2017.

Изучение миграций орлов в Волго-Уральском регионе в 2016–2017 годах. – Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников. 2017. [Migration Study of Eagles in the Volga-Ural region in 2016–2017. – Russian Raptor Research and Conservation Network. 2017.]. URL: <http://rrcn.ru/migration/eagles2016> Дата обращения: 10.12.2017.

Карякин И.В. Пернатые хищники (методические рекомендации по изучению соколообразных и совообразных). Нижний Новгород, 2004. 351 с. [Karyakin I.V. Raptors (methods on the study of birds of prey and owls). Nizhny Novgorod, 2004: 1–351. (in Russian)]. URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/11151> Дата обращения: 10.12.2017.

Карякин И.В. Методические рекомендации по организации мониторинга популяций степного орла в России и Казахстане. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2012. 89 с. [Karyakin I.V. Methods on the organization of monitoring of the Steppe Eagle populations in Russia and Kazakhstan. Novosibirsk, 2012: 1–89 (in Russian)]. URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/12822> Дата обращения: 10.12.2017.

Карякин И.В., Зиневич Л.С., Николенко Э.Г. Современное состояние популяции степного орла в Оренбургской области, Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2016а. № 33. С. 90–119. DOI: 10.19074/1814-8654-2016-33-90-119 [Karyakin I.V., Zinevich L.S., Nikolenko E.G. Modern Status of the Steppe Eagle Population in the Orenburg Region, Russia. – Raptors Conservation. 2016а. 33: 90–119. DOI: 10.19074/1814-8654-2016-33-90-119]. URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/28162> Дата обращения: 12.12.2017.

Карякин И.В., Зиневич Л.С., Шепетов Д.М., Сорокина С.Ю. Популяционная структура ареала степного орла и предварительные данные по генетическому разнообразию его популяций и статусу подвидов. – Пернатые хищники и их охрана. 2016б. № 32. С. 67–88. DOI: 10.19074/1814-8654-2016-32-67-88. [Karyakin I.V., Zinevich L.S., Schepetov D.M., Sorokina S.Yu. Population Structure of the Steppe Eagle Range and Preliminary Data on the Population Genetic Diversity and Status of Subspecies. – Raptors Conservation. 2016б. 32: P. 67–88. DOI: 10.19074/1814-8654-2016-32-67-88]. URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/26941> Дата обращения: 10.12.2017.

Карякин И.В., Коваленко А.В., Барашкова А.Н. Мониторинг гнездовых группировок степного орла в трансграничной зоне России и Казахстана в 2012 году. – Пернатые хищники и их охрана. 2013. № 26. С. 61–83. [Karyakin I.V., Kovalenko A.V., Barashkova A.N. Monitoring of the Steppe Eagle Populations in the Trans-Border

Zone of Russia and Kazakhstan in 2012. – Raptors Conservation. 2013. 26: 61–83]. URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/19591> Дата обращения: 10.12.2017.

Мастеров В.Б., Романов М.С. Тихоокеанский орлан *Haliaeetus pelagicus*: экология, эволюция, охрана. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 384 с. [Masterov V.B., Romanov M.S. The Steller's sea eagle *Haliaeetus pelagicus*: ecology, evolution, conservation. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. 2014: 1–384 (in Russian with English summary).].

Нестеренко О.Н. Новый генетический метод определения пола птиц. – Орнитологические исследования в зоопарках и питомниках. М, 2003. С. 52–54. [Nesterenko O.N. A new genetic method of sex identification of birds. – Ornithological research in zoos and nurseries. Moscow, 2003: 52–54 (in Russian)]. URL: <http://earaza.ru/wp-content/uploads/ornit1.pdf> Дата обращения: 10.12.2017.

Спицын В.В., Богданович Г.Г., Вишневецкая Л.М., Остапенко В.А. Искусственная инкубация и выращивание хищных птиц в Московском зоопарке. – Первое всесоюзное совещание по проблемам зоокультуры. Тезисы докладов. Ч. 2. Москва, 1986. С. 255–258. [Spitsyn V.V., Bogdanovich G.G., Vishnevskaya L.M., Ostapenko V.A. Artificial incubation and cultivation of birds of prey in the Moscow Zoo. – The First All-Union Conference on Problems of Zooculture. Theses of reports. Part 2. Moscow, 1986: 255–258 (in Russian).].

Ellegren H. First gene on the avian W chromosome (CHD) provides a tag for universal sexing of non-ratite birds. – Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 1996. 263: 1635–1641. DOI: 10.1098/rspb.1996.0239 URL: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/263/1377/1635> Дата обращения: 10.12.2017.

Fridolfsson A., Ellegren H. A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. – Journal of Avian Biology. 1999. 30 (1): 116–121. DOI: 10.2307/3677252 URL: <http://www.jstor.org/stable/3677252> Дата обращения: 10.12.2017.

Griffiths R., Daan S., Dijkstra C. Sex identification in birds using two CHD genes. – Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 1996. 263: 1251–1256. DOI: 10.1098/rspb.1996.0184 URL: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/263/1374/1251> Дата обращения: 10.12.2017.

Griffiths R., Double M.C., Orr K., Dawson R.J. A DNA test to sex most birds. – Molecular Ecology. 1998. 7: 1071–1075.

StatSoft, Inc. Электронный учебник по статистике. Москва: StatSoft, 2012. URL: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm> [StatSoft, Inc. Electronic Statistics Textbook. Tulsa, Moscow: StatSoft, 2012. URL: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (in Russian)]. Дата обращения: 20.12.2017.

Raptor Research

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРНАТЫХ ХИЩНИКОВ

Steppe Eagle in the Karaganda Region, Kazakhstan

СТЕПНОЙ ОРЁЛ В КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ, КАЗАХСТАН

Karyakin I.V. (Center of Field Studies, N.Novgorod, Russia)

Nikolenko E.G. (Sibecocenter LLC, Berdsk, Novosibirsk region, Russia)

Zinevich L.S. (Koltzov Institute of Developmental Biology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia)

Pulikova G.I. (Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan)

Карякин И.В. (Центр полевых исследований, Н.Новгород, Россия)

Николенко Э.Г. (ООО «Сибэкоцентр», Бердск, Новосибирская область, Россия)

Зиневич Л.С. (ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва, Россия)

Пуликова Г.И. (Казахстанская ассоциация сохранения биоразнообразия, Караганда, Казахстан)

Контакт:

Игорь Карякин
Центр полевых исследований
603109, Россия,
г. Нижний Новгород,
ул. Нижегородская, 3–29
тел.: +7 831 433 38 47
ikar_research@mail.ru

Эльвира Николенко
ООО «Сибэкоцентр»
630090, Россия,
Новосибирск, а/я 547
тел.: +7 923 150 12 79
elvira_nikolenko@mail.ru
www.sibecocentr.ru
www.gttcn.ru

Людмила Зиневич
ФГБУН Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН
119334, Россия,
Москва, ул. Вавилова, 26
тел.: +7 499 135 33 22,
факс: +7 499 135 80 12
lzinevich@gmail.com

Генриетта Пуликова
Казахстанская ассоциация сохранения биоразнообразия
010000, Казахстан,
Астана,
ул. Бейбитшилик, 18–406
тел./факс:
+7 7172 91 00 44
genriyetta.pulikova@gmail.com

Резюме

С 22 июня по 18 июля 2017 г. проведены экспедиционные работы, направленные на изучение популяционной структуры и демографических показателей гнездовых группировок степного орла (*Aquila nipalensis*) в центральной части Карагандинской области Казахстана. В ходе работы встречено 808 птиц, локализовано 280 гнездовых участков степных орлов. В пределах 10 учётных площадок осмотрено 277 гнездовых участков степных орлов (96,18%), в том числе 70 успешных, на которых отмечено 102 птенца. Занятость гнездовых участков составила 87,73%, а доля активных гнёзд на занятых гнездовых участках составила 69,14%. Успешными оказались 42,26% гнёзд от числа активных и 25,63% – от числа выявленных гнездовых участков. Число птенцов в выводках варьировало от 1 до 3, составив в среднем ($n=71$) $1,45 \pm 0,56$ птенцов на успешное гнездо и ($n=168$) $0,61 \pm 0,80$ птенцов на занятое гнездо. При очень высокой доле гнёзд с неудачным размножением (54,46% от числа активных) отмечена высокая доля гнёзд с погибшими кладками – 34,55% от числа всех гнёзд с неуспешным размножением. Плотность распределения активных гнёзд степного орла составила в среднем $7,67/100 \text{ км}^2$, изменяясь на разных площадках от 4,11 до $12,90/100 \text{ км}^2$. Плотность распределения успешных гнёзд степного орла на площадках варьировала от 0 до $4,81/100 \text{ км}^2$, составив в среднем $3,24/100 \text{ км}^2$. Для площади гнездопригодных местообитаний во всей Карагандинской области ($142\,549,9 \text{ км}^2$) численность степного орла на гнездовании оценена в 4794–5814, в среднем 5275 пар и 2183–2647, в среднем 2402 успешных пар.

Ключевые слова: пернатые хищники, хищные птицы, степной орёл, *Aquila nipalensis*, статус популяций, Карагандинская область, Казахстан.

Поступила в редакцию 25.10.2017 г. **Принята к публикации** 20.12.2017 г.

Abstract

Between June 22 and July 18, 2017, fieldworks were carried out to study the population structure and demographic characteristics of the Steppe Eagle breeding groups (*Aquila nipalensis*) in the central part of the Karaganda region of Kazakhstan. In the course of the work 808 birds we found, 280 Steppe Eagle breeding territories were localized. Within 10 registration areas 277 Steppe Eagle breeding territories (96.18%) were examined, including 70 successful nests with 102 nestlings. The occupation of breeding territories was 87.73%, while the percentage of active nests in the occupied breeding territories was 69.14%. Successful were 42.26% of nests from the number of active nests and 25.63% from the number of identified breeding territories. The number of nestlings in broods ranged from 1 to 3, averaging ($n=71$) 1.45 ± 0.56 nestlings per successful nest and ($n=168$) 0.61 ± 0.80 nestlings per occupied nest. With a very high percentage of nests with unsuccessful breeding (54.46% of the number of active ones), high percentage of nests with dead clutch was recorded – 34.55% of the number of nests with unsuccessful breeding. Distribution density of Steppe Eagle active nests averaged $7.67/100 \text{ km}^2$, varying in different areas from 4.11 to $12.90/100 \text{ km}^2$. The distribution density of Steppe Eagle successful nests on the areas varied from 0 to $4.81/100 \text{ km}^2$ averaged $3.24/100 \text{ km}^2$. For the area of habitats suitable for breeding across the Karaganda region ($142,549.9 \text{ km}^2$), the abundance of the Steppe Eagle in nesting was 4,794–5,814, at average 5,275 pairs and 2,183–2,647, at average 2,402 successful pairs.

Keywords: birds of prey, raptors, Steppe Eagle, *Aquila nipalensis*, population status, Karaganda region, Kazakhstan.

Received: 25/10/2017. **Accepted:** 20/12/2017.

DOI: 10.19074/1814-8654-2017-35-219-251

Contact:

Igor Karyakin
Center of Field Studies
Nizhegorodskaya str.,
3–29
Nizhniy Novgorod
Russia 603109
tel.: +7 831 433 38 47
ikar_research@mail.ru

Elvira Nikolenko
Sibecocenter, LLC
P.O. Box 547,
Novosibirsk,
630090, Russia
tel.: +7 923 150 12 79
elvira_nikolenko@mail.ru
www.sibecocentr.ru
www.rrcn.ru

Ludmila Zinevich
Koltzov Institute of
Developmental Biology
of Russian Academy of
Sciences IDB RAS
Vavilova str., 26
Moscow,
Russia, 119334
tel.: +7 499 135 33 22,
fax: +7 499 135 80 12
lzinevich@gmail.com

Genriyetta Pulikova
Accosiation for
the conservation
of biodiversity of
Kazakhstan (ACBK)
Beibytshilik str.,
18–406, Astana,
Kazakhstan, 010000
tel./fax:
+7 7172 91 00 44
genriyetta.pulikova@
gmail.com

Введение

В 2017 г. в рамках проекта «Сохранение биологического разнообразия Карагандинской области, на примере степного орла» Казахской ассоциации сохранения биоразнообразия (АСБК) были проведены экспедиционные работы, направленные на изучение популяционной структуры и демографических показателей гнездовых группировок степного орла (*Aquila nipalensis*) в центральной части Карагандинской области Казахстана. Цель исследований – выявление и изучение современного распределения и численности степного орла, а также разработка плана мероприятий по его охране.

В данной статье приведены результаты учётов степных орлов и дана оценка численности центральноказахстанской популяции вида.

Описание района исследований

Согласно современному физико-географическому районированию Западно-сибирско-Казахстанского степного региона, рассматриваемая территория лежит на стыке трёх провинций Центральноказахстанской страны: Тенгизской, Экибастуз-Карагандинской и Каркаралинской (Николаев, 1999). По растительности территория относится к Центральноказахстанской степной подпровинции Заволжско-Казахстанской степной провинции Причерноморско-Казахстанской подобласти Степной области Евразии (Лавренко и др., 1991) (согласно принятому в Казахстане ботанико-географическому районированию территория района исследований расположена в Восточно-Центрально-казахстанской подпровинции Заволжско-Казахстанской провинции, Республика Казахстан..., 2006; Национальный атлас..., 2010).

В геоморфологическом отношении обследованная территория представляет собой часть Казахского мелкосопочника – своеобразного участка низких островных гор и холмогорий, а также бесчисленных холмов, гряд и скалистых сопков, возвышающихся над поверхностями денудационных и аккумулятивных равнин. Область включает приподнятый горно-мелкосопочный Балхаш-Ишимский водораздел, а также многочисленные низкогорья и аккумулятивные равнины между долинами рек Сарысу и Нуры. Основными типами рельефа гор являются эрозионно-тектонические низкогорья (грядовые, гривистые,

Introduction

In 2017, within the framework of the project “Biodiversity conservation in the Karaganda region, by the example of the Steppe Eagle” of the Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan, fieldworks were carried out to study the population structure and demographic characteristics of the Steppe Eagle breeding groups (*Aquila nipalensis*) in the central part of the Karaganda region of Kazakhstan. The aim was to identify and study the modern distribution and abundance of Steppe Eagles, and also to develop an Action Plan for their protection.

This article presents the results of the Steppe Eagle registration and estimates the level of the Central Kazakhstan Steppe Eagle abundance.

Information on the Steppe Eagle in the territory under study according to the previous studies

The Steppe Eagle has always been considered as a typical breeding species of the Karaganda region (Dolgushin, 1947; Korelov, 1962).

All modern researchers point out that the Steppe Eagle is not a rare species in the northern part of the Karaganda region (Berezovikov, Erokhov, 2004; Bekbaev, Shaimukhanbetov, 2005; Buketov, 2008; Shaimukhanbetov et al., 2008a, 2008b). O.V. Belyalov (2013) met this species most often in the western parts of the Karaganda region, and in the eastern parts of the region. According to the author, in recent decades the Steppe Eagle is found rarely and is often met only near Kyzylrai. At the present time in the northern Pribalkhashye the population level is low, which corresponds to the data of I.A. Dolgushin (1947). Nevertheless, in the section “Raptors of the World” web-GIS “Faunistics”¹⁵² there is information on the east of the Karaganda region on the Steppe Eagle registration in 24 points (mostly pairs of birds), including 6 occupied nests and 3 successful (with nestlings) on route of about 300 km on 6–10 June 2013 (Barashkova, 2017, fig. 1).

In recent years, the basin of the river Sarysu was studied with respect to the Steppe Eagle and this information was published. For this territory, the Steppe Eagle is characterized as a widespread not abundant nesting migratory species (Karyakin et al., 2008, fig. 2). The total number of Steppe Eagles in the basin of the river Sarysu in 2008 was estimated in 1,740–2,105 nesting pairs (Karyakin et al.,

¹⁵² <http://raptors.wildlifemonitoring.ru>

Степной орёл (*Aquila nipalensis*). Фото И. Карякина.
 Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*). Photo by I. Karyakin.

куполовидные) с абсолютными высотами до 1500 м. Обширные равнины заняты солёными озёрами и солончаками. На востоке обследованной территории берут начало реки Сарысу и Нура, а в центре – р. Куланотпес – один из крупных водотоков, впадающих в оз. Тенгиз.

Климат на всей территории района резко континентальный. Большие колебания суточных температур отмечаются на всём протяжении года. Зимы кратковременные, умеренно морозные и малоснежные. Средняя температура в январе составляет $-9...-11^{\circ}\text{C}$. В ночные часы температура способна опускаться до $-25...-27^{\circ}\text{C}$. Снежный покров незначительный и в отдельные годы может не образовываться. Частые оттепели и сильный ветер сопровождают весь холодный период.

Весна ранняя и дружная, хотя в начальном этапе преобладают пасмурные и ветряные дни, но уже к середине апреля дневные температуры поднимаются выше $+20^{\circ}\text{C}$. Летний период продолжительный, сопровождается большим количеством солнечных и ясных дней. Средняя температура в июле $+24...+26^{\circ}\text{C}$. В ночные часы воздух способен остывать до $+13...+15^{\circ}\text{C}$, а в дневные часы температура поднимается до $+40^{\circ}$ и выше. Крайне ограниченное количество осадков приводит к образованию сильных пыльных и песчаных бурь. За год на территорию района выпадает до 200 мм осадков.

Формирование почвенно-растительного покрова проходило под влиянием как орографических, так и гидротермических (климатических) факторов, что нашло отражение в закономерностях распределения растительности. Территория располагается на границе степной и полупустынной зон Центрального Казахстана.

Среди естественных поверхностей большие площади занимают кустарниковые степи. Они расположены на склонах сопков и холмов, по денудационным и аккумулятивным равнинам и низкогорьям.

Ковыльно-злаковые степи распространены по слабо расчленённым пологим склонам межгорных равнин и низкогорий. Часть ковыльно-злаковых степей была



2008), most of which nest within the Karaganda region. In the course of work, 37 nests were found in 30 Steppe Eagle breeding territories: 15 nests were occupied and females incubated clutches there, 5 nests were renewed by birds after migration, but there were no clutches yet, 8 nests were empty, but had signs of presence of birds and 9 nests were old, including 7 on occupied territories (Karyakin et al., 2008).

Sufficiently detailed information on the Steppe Eagle nesting was collected within the framework of study of the current status of flora and fauna rare species, ecological conditions of their habitats and development of measures for their protection within the project area of Dala Mining LLP in the Karaganda region in 2014. As a result, a report was prepared. It provides information on 18 meeting points and 9 Steppe Eagle nests (8 active nests) in the local territory of the projected Koktenkol Mining and Processing Plant (fig. 3) (Kalmykov et al., 2014).

The above literature data, as well as observations from such open databases as eBird¹⁵³, Observado¹⁵⁴, Faunistics (GBIF, 2017, Barashkova et al., 2017), which accumulate meetings of Steppe Eagles made both by professional ornithologists and bird-watchers, show that the major part of the potential Steppe Eagle habitat in the Karaganda region remains unstudied. Faunistics has 80 observations of Steppe Eagles and their nests, concentrated mainly in the southeast of the Karaganda region and in the zone within three-hour reach by car from the route Karaganda-Kyzylorda and in the vicinity of Zhezkazgan. Herewith, until recently, the northern territory, where the probability of finding the breeding groups of the Steppe Eagle was high, remained blank, since according to the records of 2009–2011, in small territories of 6–10 kV power lines more than 150 eagles were found dead, most of them were steppe eagles (Voronova et al., 2012).

¹⁵³ <http://ebird.org/map>

¹⁵⁴ <http://observado.org>

распахана и преобразована лесополосами, однако после распада СССР, большая их часть превратилась в залежные земли, а лесополосы фактически уничтожены степными пожарами и в результате естественного усыхания без полива.

Согласно биогеографическому районированию, основанному на позвоночных животных, рассматриваемая территория практически целиком ложится в Прикаспийско-Бетпакалинскую пустынную провинцию на границе с Казахстанской степной (Воронов, Кучерук, 1977), а по зоогеографическому районированию Северной Евразии по фауне наземных позвоночных – в Днестровско-Зайсанскую провинцию Пустынно-степной подобласти Пустынно-степного региона (Равкин и др., 2014).

Информация о степном орле на рассматриваемой территории по данным предыдущих исследований

Степной орёл всегда рассматривался, как характерный гнездящийся вид Карагандинской области (Долгушин, 1947; Корелов, 1962), встречаясь здесь с марта (самая ранняя весенняя встреча в районе Караганды – 30 марта 1947 г.) по ноябрь включительно (самая поздняя – 12 ноября 1947 г., Ленхольд, Гаврилов, 1978).

Все современные исследователи указывают на то, что степной орёл не представляет редкости в северной части Карагандинской области (Березовиков, Ерохов, 2004; Бекбаев, Шаймуханбетов, 2005; Букетов, 2008; Шаймуханбетов и др., 2008а, 2008б). О.В. Белялов (2013) встречал этот вид наиболее часто в западных районах Карагандинской области, а в восточных районах области, по мнению автора, в последние десятилетия степной орёл редок и становится обычен только в районе Кызылрая. В Северном Прибалхашье в настоящее время численность невысокая, что соответствует и данным И.А. Долгушина (1947). Тем не менее, в разделе «Пернатые хищники Мира» веб-ГИС «Фаунистика»¹⁵² по востоку Карагандинской области имеется информация о регистрации степных орлов в 24 точках (преимущественно пары птиц), включая 6 занятых гнёзд и 3 успешных (с птенцами) на маршруте протяжённостью около 300 км 6–10 июня 2013 г. (Барашкова, 2017, рис. 1).

В последние годы на предмет гнездования степного орла был обследован бассейн р. Сарысу и эта информация была опубли-

Even poorer are the observations of Steppe Eagles posted by bird-fanciers and photographers on the Birds.KZ website – 18 bird observations (Abylkhasanov et al., 2017, fig. 4, table 1).

Research techniques

Field studies were carried out from June 22 to July 18, 2017. During this period, a fairly promising area for the Steppe Eagle habitat between Topar, Atasu and Kurgaldzhino was studied – it is hilly area of 24,000 km² (fig. 5).

The studies were carried out in full accordance with the Manuals for organizing the monitoring of the Steppe Eagle populations in Russia and Kazakhstan (Karyakin, 2012).

The length of auto and walking routes was determined by the length of the track in the GPS-navigator. The length of the routes was more than 3,500 km. Non-duplicating recorded routes for steppe habitats were 2,659 km (fig. 6).

Ten plots with a total area of 2,191.5 km² were laid along the route of the group's (fig. 7, table 2).

In preparation for the expedition in GIS ArcView 3.x, an analysis of the ecosystem coverage of the Karaganda region was conducted and potential Steppe Eagle habitats were identified (see fig. 11).

To estimate the Steppe Eagle abundance, the average density indices obtained in the areas were extrapolated to the territory of similar habitats within the nesting range of the species in the Karaganda region (Karyakin, 2004; Karyakin, 2012).

Determination and measurement of the spatial characteristics of the Steppe Eagle breeding territories were carried out using the ArcView toolkit, density maps were made using the Spatial Analyst module, distances between Steppe Eagle active nests were determined by the method of the nearest neighbor (Karyakin et al., 2009). Mathematical data processing was carried out in MS Excel 2003 and Statistica 10. The average value \pm SD is given for breeding indices.

Research results

Distribution, abundance, breeding success

As a result of the work in the field season of 2017, 528 points of birds meeting or nests finding were recorded, 808 birds were found, 280 Steppe Eagle breeding territories were localized, including 71 successful nests (fig. 8). 277 breeding territories (96.18 %)

¹⁵² <http://raptors.wildlifemonitoring.ru>

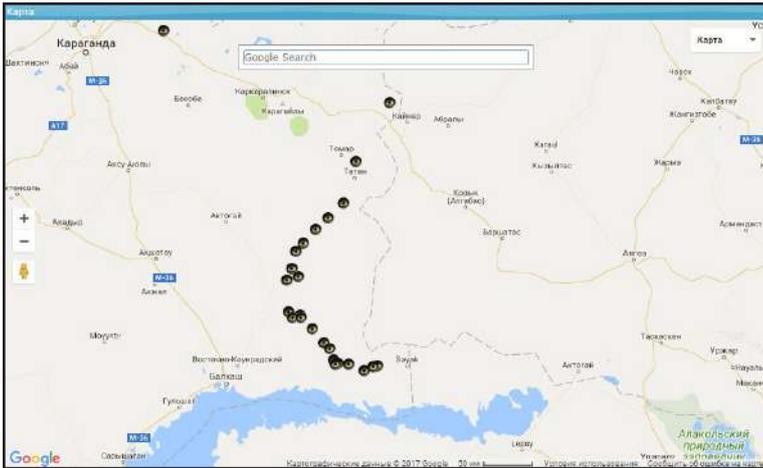


Рис. 1. Регистрации степных орлов (*Aquila nipalensis*) в 2013 г. из веб-ГИС «Фаунистика»: Барашкова, 2017.

Fig. 1. Records of the Steppe Eagles (*Aquila nipalensis*) in 2013 from the web-GIS "Faunistics": Barashkova, 2017.

кована. Для данной территории степной орёл характеризовался как широко распространённый, но немногочисленный гнездящийся перелётный вид (Карякин и др., 2008, рис. 2). Пролётные особи в бассейне Сарысу наблюдались по всей территории в течение апреля, однако в норме гнездиться степной орёл здесь начинал лишь севернее $47,30^{\circ}$ с.ш. – в степной зоне. Не был обнаружен он на гнездовании в крупных скальных массивах Казахского мелкосопочника и Каратау, между Каратау и Бетпак-Далой, на сорочьих равнинах в низовьях Сарысу, в глинистых полупустынях бассейна Сарысу и в песках, включая безлесные пески Жайрем (Карякин и др., 2008).

В Бетпак-Дале степной орёл был характерным гнездящимся видом (Ковшарь и др., 2004) и по учётам, проведённым в 1974–1983 гг. на автомобильных маршрутах в Западной Бетпак-Дале в 1983 г. на 1035 км автомобильных маршрутов было встречено 63 степных орла, в Центральной Бетпак-Дале в 1984 г. на 1123 км – 23 (Ковшарь и др., 1986). Ещё в 90-х гг. XX столетия степной орёл в Бетпак-Дале вероятно, успешно гнезвился, так как на чинках Бетпак-Далы в 2005 г. были обнаружены 4 очень старые гнездовые постройки и 2 более или менее свежие, одна из которых, судя по пуху, посещалась птицей в 2005 г. Обилие гнёзд степного орла (по двум более или менее нормально сохранившимся постройкам) составило 4,29 гнёзд/100 км обрывов (0–12,4 гнёзд/100 км обрывов), а плотность для чинковой зоны – 1,87 гнёзд/100 км² (Карякин и др., 2008). Эти показатели указывали на то, что было со степным орлом в Бетпак-Дале и можно говорить как минимум о трёхкратном сокращении численности вида на гнездовании на чинках Западной Бетпак-Далы, практически до полного выпадения вида

were studied within the plots, including 70 successful nests with 102 nestlings.

The occupation of breeding territories was 87.73 %, while the percentage of active nests in the occupied breeding territories was 69.14 %. Successful were 42.26 % of nests from the number of active nests and 25.63 % – from the number of identified breeding territories.

The number of nestlings in broods ranged from 1 to 3, averaging ($n=71$) 1.45 ± 0.56 nestlings per successful nest and ($n=168$) 0.61 ± 0.80 nestlings per occupied nest (table 3). At a very high percentage of nests with unsuccessful breeding (54.46 % of the number of active ones), a high percentage of nests with dead clutches was found – 34.55 % of the number of nests with unsuccessful breeding. Herewith the percentage of nests with dead clutches, where it was impossible to confirm the death of clutches, is definitely higher and can reach half of all the cases of unsuccessful breeding.

The complete records on the Steppe Eagle breeding territories in the areas are shown in table 4. The schemes of the Steppe Eagle breeding territories distribution on the plots are shown in figures 9A and 9B.

The distances between the nearest neighbors for all found active nests varied from 0.88 to 5.29 km, averaging ($n=112$) 2.11 ± 1.02 km (fig. 10, table 6). Both minimum and maximum distances lie between two successful nests (the minimum distance is found between the nests on the area No. 9 – see figure 9B). Half of all distances between the nearest neighbors lie in the range of 1–2 km.

The distribution density of the Steppe Eagle breeding territories, taking into account the unoccupied, was 6.06–20.22/100 km², at average 12.64/100 km². The distribution density of occupied breeding territories was 6.06–18.49/100 km², at average 11.09/100 km². Due to the fact that many old nests were occupied by young birds, in order to calculate the abundance of the Steppe Eagle on nesting in the Karaganda region, it was necessary to focus only on active nests that were renewed during the season of 2017. The distribution density of active nests averaged 7.67/100 km², varying at different areas from 4.11 to 12.90 nests/100 km².

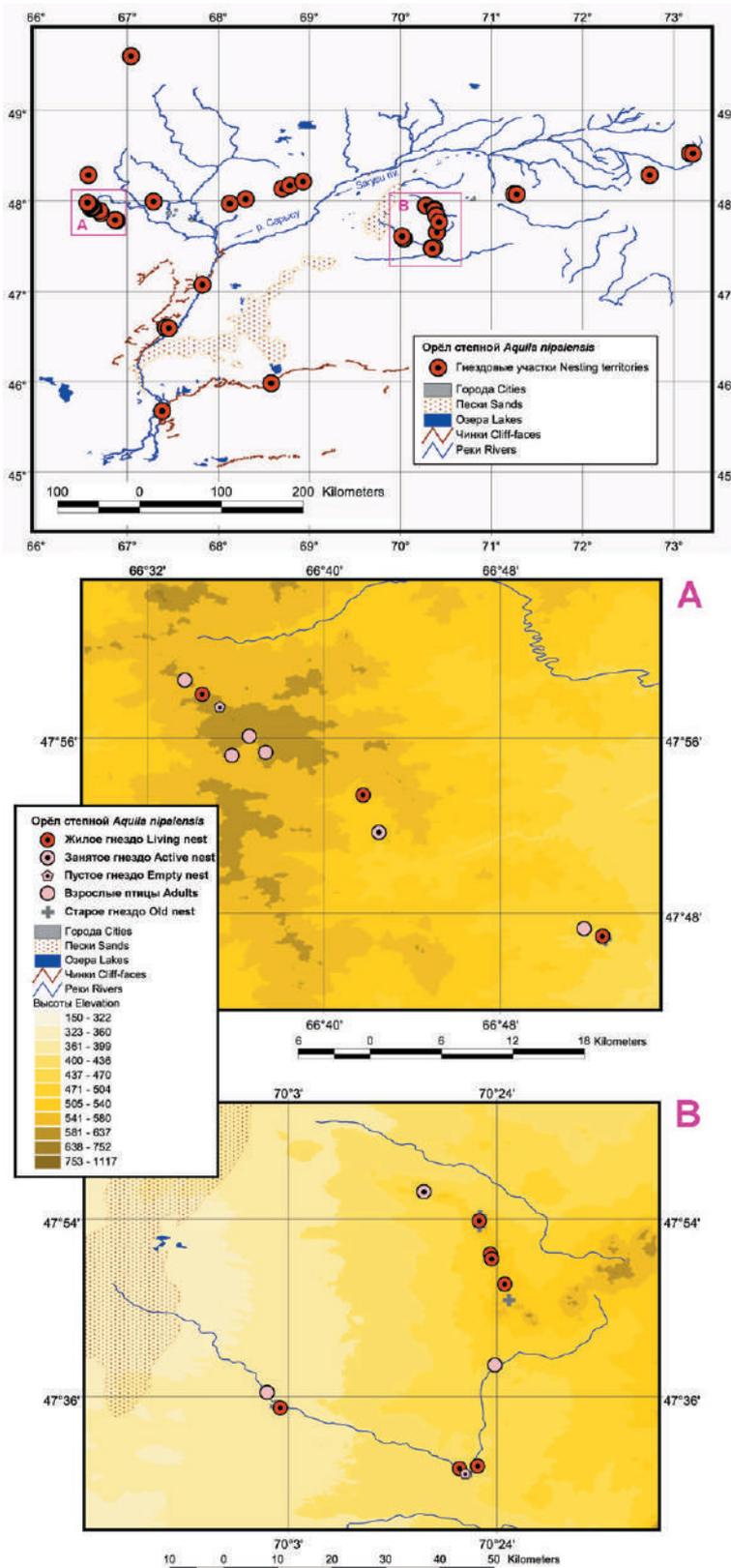


Рис. 2. Регистрации степных орлов в бассейне р. Сарысу в 2005, 2007 гг.: Карякин и др., 2008.

Fig. 2. Records of the Steppe Eagles in the Sarysu river basin in 2005 and 2007: Karyakin et al., 2008.

из гнездовой фауны к 2005 г. Также, здесь 26–29 апреля 2005 г. и 16–17 апреля 2007 г. при общем пролете по Западной

Taking into account the asymmetric confidence interval, it is possible to operate with indices of active nests distribution density from 5.7 to 10.3 pairs/100 km² (at average 7.67 pairs/100 km²) to calculate the abundance of steppe eagles on the entire area of steppe habitats of the Karaganda region. However, more objective estimation can be given by a separate recalculation of the local density indices (12.9 pairs/100 km²) on the territory of the main population nucleus and the density indices averaged in 9 areas to the remaining steppe territories, where the distribution density of steppe eagles varies from 4.11 to 7.96 pairs/100 km² (table 4) and taking into account the asymmetric confidence interval is from 5.36 to 6.80 pairs/100 km² (at average 6.04 pairs/100 km²).

The distribution density of the Steppe Eagle successful nests on the areas varied from 0 to 4.81/100 km² at average 3.24/100 km² (table 4).

In the GIS analysis of the territory, the area of habitats suitable for the Steppe Eagle nesting in the considered part of the Karaganda region (the Central part of the northern half of the Karaganda region – figure 11: ground 6) was determined at 20,047.6 km², and in the Karaganda region as a whole – 142,549.9 km².

For the area of habitats suitable for nests in the studied part of the Karaganda region (20,047.6 km²), it is possible to estimate the abundance of the Steppe Eagle on nesting in the range from 1,177 to 1,446 pairs, at average 1,304 pairs, whereof at average 175 pairs are on nesting in the population nucleus in the vicinity of Shashkakol on an area of 1,356.0 km². In general, for the area of habitats suitable for nesting across the Karaganda region (142,549.9 km²), it is possible to estimate the abundance of the Steppe Eagle on nesting in the range from 4,794 to 5,814 pairs, at average 5,275 pairs.

The above estimate of the abundance is based on a separate recalculation of the density indices for various types of hilly areas (table 5). For the central part of the basin of Sarysu, Ulytau, Betpak-Daly and Pribalkhashye, density indices published earlier (see Karyakin, Barabashin, 2006b, Karyakin et al., 2008) are used, which do not consider the possible reduction in the number of Steppe Eagles in the last 10 years.

At least over the past 10 years, the Steppe Eagle has definitely reduced its abundance in the area under study in 2017, as is evidenced by a huge pool of old nests (14.80%), which are occupied by young birds under

Бетпак-Дале 531 км встречен лишь 1 степной орёл и трупы 8 птиц обнаружены под опорами ЛЭП на 9-километровом участке нефтепровода Павлодар-Шымкент, а случаев успешного размножения степного орла в Бетпак-Дале не было установлено, хотя его единичные пары здесь определённо гнездятся (В. Домбровский, С. Домашевский, личное сообщение). Учитывая всё вышесказанное, при самом оптимистическом взгляде на ситуацию со степным орлом в Западной Бетпак-Дале здесь предполагалось гнездование не более 5 пар (Карякин и др., 2008).

Несколько лучше обстояла ситуация со степным орлом на чинках правобережья Сарысу. Здесь он наблюдался в 2007 г. в количестве 9,36 ос./100 км автомаршрута. На площадках были обнаружены гнёзда двух пар и ещё гнездо одной пары – за пределами площадки. Обилие составило 4,49 пар/100 км обрывов (0–20,2 пар/100 км обрывов), а плотность – 1,23 пар/100 км² общей площади. Численность оценена в 10–20 пар, в среднем 16 пар (Карякин и др., 2008).

В холмисто-увалистых степях Казахского мелкосопочника степной орёл гнездится с высокой плотностью, особенно в 50–60-километровой зоне правобережья Сарысу и в мелкосопочнике Аяк-Бестау в левобережье (Карякин и др., 2008; Карякин, 2008).

В Улутаяу в 2005 г. было встречено 26 степных орлов и локализовано 11 гнездовых участков: 16 особей наблюдались на 10 гнездовых участках, сосредоточенных преимущественно в верховьях р. Кумола (Карякин, Барабашин, 2006а; 2006б). Практически все гнездовые участки приурочены к осевой части холмисто-увалистых водоразделов рек с выходами материнских пород по склонам и вершинам, либо к сопочным ландшафтам, вытянутым вдоль долин небольших водотоков, также с выходами материнских пород. Расстояние между соседними участками ($n=8$) в среднем $2,0 \pm 0,73$ км (1,24–3,27 км). По данным маршрутных учётов ($n=18$) плотность составила 0,84 пар/100 км², а общая численность для всей территории, без учёта скальных массивов (19 тыс. км²), оценена в 119–199 пар (в среднем 159 пар) (Карякин, Барабашин, 2006б), около половины из которых гнездились в пределах бассейна р. Сарысу. В мелкосопочнике правобережья Сарысу в 2007 г. на маршруте вдоль ЛЭП от Джекказгана до Кызылжара степной орёл встречен на 7 участках, в том

the age of 5, as well as abandoned territories, percentage of which is 12.27 %.

From the above data, it can be assumed that the scale of the Steppe Eagle population reduction in the Karaganda region was 27.08 % for 10 years, but probably this is a pessimistic estimate, since we do not know the age of the remaining old nests that, in the conditions of Central Kazakhstan without steppe fires, may remain in place for decades.

At the same time, a large number of young birds on old nests shows that in the central Kazakhstan population there is a stock of free individuals and it began to recover. This is also evidenced by the facts of successful breeding of young birds.

If we adopt breeding indices for all Steppe Eagle nested groupings in the Karaganda region in 2017 in the Central part of the northern half of the Karaganda region (45.54 % of successful nests from the number of active nests), we can estimate the number of steppe eagles for across the region in 2,402 (2,183–2,647) successful pairs.

The current estimate of the Central Kazakhstan Steppe Eagle population abundance averages about 4,800 pairs, which is 1,800 pairs more than the previous estimate (see Karyakin *et al.*, 2016) that is directly related to a more detailed study of habitats most suitable for nesting in the northern half of the Karaganda region and the expansion of the territory area for extrapolation of recorded data to some types of hilly areas, where the nesting of the Steppe Eagle is confirmed. At the same time, the northwest of the region, where large nested groupings of the species can also be identified, remains unstudied, and also the eastern part, where, however, abundant species cannot be expected.

Nesting features

443 nest structures were observed in 280 Steppe Eagle breeding territories, including remains of nest material after the death of first clutches or on the place of burned nests (unfinished nests).

The altitude range, in which the Steppe Eagle nests located, varied from 384 to 719 m, averaging 528.67 ± 76.40 m above sea level (fig. 12, table 6).

Most nests of the Steppe Eagle in the territory under study were located on rock outcrops (75.62 %) or rock disintegrations (10.84 %), mainly on hills, or similar substrates in the flat steppe in a lower altitude range (fig. 7). Barrows were used as stone substrates for nests of 2.93 % of pairs. Only

Степной орёл.
Фото И. Карякина.
Steppe Eagle.
Photo by I. Karyakin.



числе на 5 участках обнаружены гнёзда. Плотность составила 9,34 пар/100 км². В мелкосопочнике левобережья Сарысу на водоразделе рек Баир и Карасай степной орёл учтён на двух участках, плотность составила 5,75 пар/100 км². Восточнее песков Жайрем в придолинном мелкосопочнике р. Карасай степной орёл регистрировался с плотностью 7,81 пар/100 км² (12,5 ос./100 км маршрута). В мелкосопочнике Аяк-Бестау плотность степного орла составила 5,9 пар/100 км². Здесь было выявлено 10 гнездовых участков, подтверждённых находками гнёзд. Расстояние между гнёздами в сопочных массивах составило 0,9–3,25 км, в среднем 1,95±0,94 км, расстояние между сопочными массивами с гнёздами – 4,85–25,38 км, в среднем 12,8±7,96 км. Численность для мелкосопочника среднего течения р. Сарысу (25 тыс. км²) оценена в 1650–1950 пар (Карякин и др., 2008).

В мелкосопочных ландшафтах восточнее гранитных массивов в верховьях Сарысу и Атасу степной орёл встречался реже. На маршрутах учтено лишь 6 особей, в том числе 1 пара. Однако, на площадке в верховьях Кайракты 13 мая 2007 г. выявлено 2 гнездовых участка с пустующими гнёздами, удалёнными друг от друга на 2,4 км (плотность – 12,1 пар/100 км²). Тем не менее, эта территория оказалась уникальной, так как была не задета пожарами. Окрестные сопки выгорели практически полностью на огромных площадях, в связи с чем, не пришлось предполагать здесь высокую плотность степного орла. Ориентировочная численность для участков, не затронутых пожарами, составила 20–30 пар (Карякин и др., 2008).

2.48 % of nests were located on bushes (mainly on *Caragana* sp.), and 44.02 % of nests made on various substrates (mainly on rocks, outcrops or on the ground) were covered by bushes. Only 4 nests were found on the trees (0.9 % on Chinese elms (*Ulmus parvifolia*) – 3, on oleaster (*Elaeagnus angustifolia*) – 1) and only one (on oleaster) was successful in the current season (1.41 % of the number of successful nests).

There were 47.63 % of nests on the tops of hills, on the slopes of hills (mainly in their upper third) – 39.73 % and in the flat steppe – 11.29 %. The apparent inclination of the steppe eagles to nesting in the upper part of the hills is observed.

Dead clutches were found during the study (June – July) with 1–2 eggs, at average ($n=6$) 1.33±0.52 eggs (1 egg – 66.67 % of clutches, 2 eggs – 33.33 % of clutches).

The size of collected dead eggs was 68.3–71.5×52.2–54.5 mm, at average ($n=4$) 70.05±1.36×53.45±1.05 mm.

One of the important threats to the Steppe Eagle in the territory under study is steppe fires in the breeding period. In 11 (3.93 %) out of 280 breeding territories, the nests were destroyed by fires, moreover one nest with a brood of two nestlings was burned in the year of study (nestlings somehow survived and fed under the nesting rock in the site of a fire). In 5 territories nests were restored by eagles after fires of previous years, and in two of them eagles tried to breed, but without success (a clutch was left in one nest). In 5 territories nests were not restored, although birds stayed near the burnt nests.

Feeding

Based on remains of prey (400 specimens) collected in 99 nests, Little Suslik (*Spermophilus pygmaeus*) dominates in feeding of the Steppe Eagle – its presence was noted in 58.59 % of nests, which was 19.25 % of the total number of noted objects of prey (table 8, fig. 15). In 49.49 % of nests there were also remains of voles (*Microtus* sp.), which was 19.75 % of the number of noted objects of prey. In 28.28 % of nests there were remains of Pikas (*Ochotona* sp.), which was 8.25 % of the number of noted objects of prey. In general, the percentage of mammals among the remains of prey was 62.0 %, and the percentage of birds was 35.5 %, among which the Rosy Starling (*Sturnus roseus*) was absolutely dominant – 24.0 % of the number of noted objects of prey (67.61 % among 142 bird remains) but only in 10.1 % of nests (mainly on plots 5 and 6).

Общая численность степного орла в бассейне р. Сарысу в 2008 г. оценена в 1740–2105 гнездящихся пар (Карякин и др., 2008), большая часть из которых гнездится в пределах Карагандинской области.

В ходе работы было обнаружено 37 гнёзд на 30 гнездовых участках степного орла: 15 гнёзд оказались жилыми и в них самки насиживали кладки, 5 гнёзд подновлялись птицами после прилёта, но кладок ещё не было, 8 построек оказались пустыми, но имели следы присутствия на них птиц и 9 гнёзд – это старые постройки, в том числе 7 на занятых участках. Подавляющее большинство гнёзд степных орлов (48,65 %) устроено на сопках (рис. 8), 18,92 % – на чинках плато и по 16,2 % гнёзд орлов устроено на приречных скальных обнажениях и в межсопочных долинах. Из гнёзд на сопках ($n=18$) 50 % устроено на вершинах, 50 % – на склонах сопкок; из гнёзд на чинках плато ($n=7$) большинство устроено в верхней трети склонов (71,43 %) и лишь незначительная часть – на вершинах (28,57%). В межсопочных долинах ($n=6$) 50 % гнёзд

устроено на металлических опорах ЛЭП, а остальные – на земле (открыто на земле в основании плоского куста, в основании бетонной опоры ЛЭП) и на обломке сваленной бетонной опоры ЛЭП (Карякин и др., 2008).

В предыдущем исследовании отмечалось, что степной орёл явно избегает гранитных массивов с большими высотами. Все обнаруженные гнёзда степных орлов лежали в диапазоне высот от 253 до 609 м над уровнем моря, в среднем $479,26 \pm 85,57$ м. Наименее высоко расположенные гнёзда характерны для Бетпак-Далы и чинков Сарысу – 253–290 м над уровнем моря. В мелкосопочнике орлы гнездились в диапазоне высот от 375 до 596 м. Было найдено единственное гнездо в верховьях Сарысу, устроенное выше 600 м (Карякин и др., 2008, рис. 2).

Достаточно подробная информация о гнездовании степного орла была собрана в рамках исследований по изучению современного состояния редких видов флоры и фауны, экологических условий их местообитаний и разработке мероприятий по их охране в границах проектной площади ТОО «Dala Mining» (Дала Майнинг) в Карагандинской области в 2014 г. По результатам этой работы подготовлен отчёт, в котором приводится информация о 18 точках встреч и 9 гнёздах степных орлов (8 активных гнёзд) на локальной территории проектируемого Коктенкольского ГОКа (рис. 3) (Калмыков и др., 2014). Степные орлы регистрировались на всех участках проектной площади Коктенкольского ГОКа, наиболее часто – в южной части проектной территории. Отмечено, что одним из основных условий гнездования степного орла на территории проектной площади Коктенкольского ГОКа является наличие в типичных местообитаниях орла крупных колоний роющих грызунов и зайцеобразных – малого суслика (*Spermophilus pygmaeus*) и степной пищухи (*Ochotona pusilla*).

Приведённые выше литературные данные, а также наблюдения из открытых баз

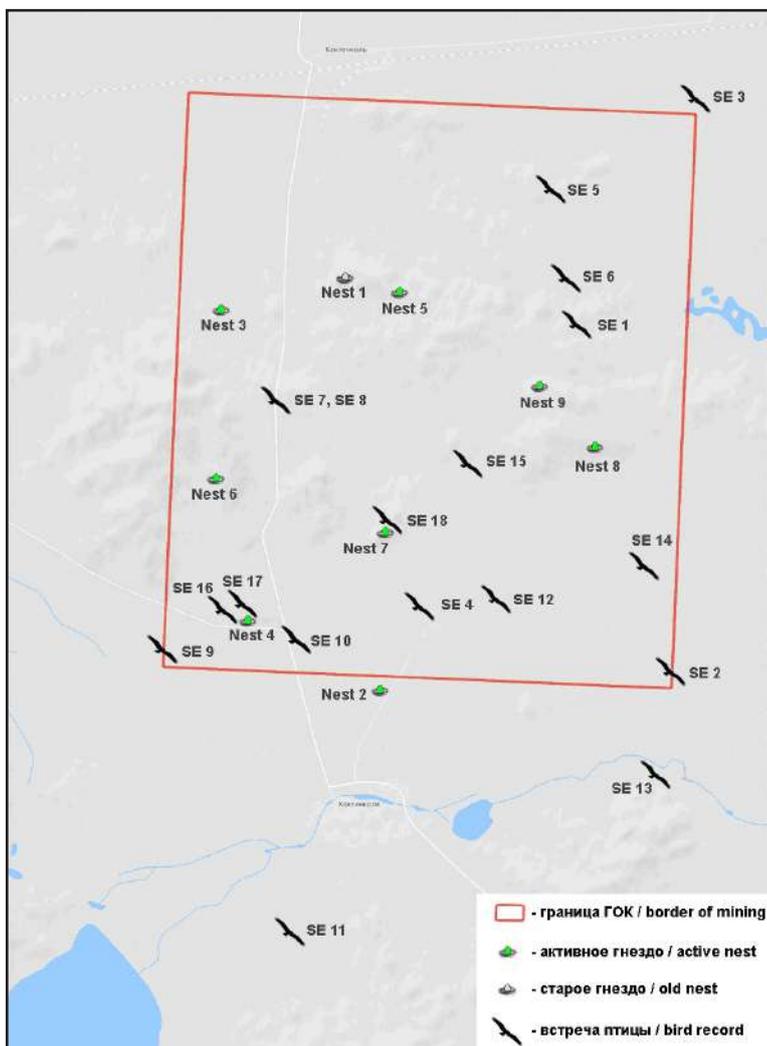
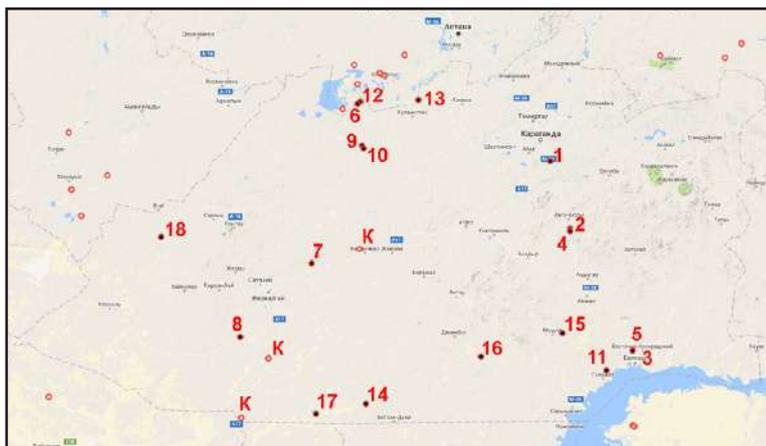


Рис. 3. Точки регистрации степных орлов на территории Коктенкольского ГОКа в 2014 г.: Калмыков и др., 2014.

Fig. 3. Records of the Steppe Eagles on the territory of the Koktenkol mining in 2005 and 2007: Kalmykov et al., 2008.



данных, таких как eBird¹⁵³, Observado¹⁵⁴, Фаунистика (GBIF, 2017; Барашкова и др., 2017), в которых аккумулируются встречи степных орлов, сделанные как профессиональными орнитологами, так и орнитологами-любителями, показывают, что основная часть потенциальной области обитания степного орла в Карагандинской области остаётся неизученной. В Фаунистике имеется 80 наблюдений степных орлов и их гнёзд, сосредоточенных в ос-

Рис. 4. Регистрации степных орлов в 2006–2017 гг. на сайте birds.kz: Абылхасанов и др., 2017. Номера точек соответствуют их нумерации в таблице 1.

Fig. 4. Records of the Steppe Eagles on the web-site birds.kz in 2006–2017: Abylkhassanov et al., 2017. Numbers of records in the fig. 4 correspond to those in table 1.

новном на юго-востоке Карагандинской области – и в зоне трёхчасовой досягаемости на автомобиле с трассы Караганда – Кызылорда, и в окрестностях Жезказгана. При этом до последнего времени белым пятном оставалась северная территория, где была велика вероятность обнаружения гнездовых группировок степного орла, так как по учётам 2009–2011 гг. на небольших по протяжённости участках ЛЭП 6–10 кВ была выявлена гибель более 150 орлов, большая часть из которых, несомненно, степные (Воронова и др., 2012).

Ещё более бедной выглядит картина наблюдений степных орлов, размещенных любителями птиц и фотографами на сайте Birds.KZ – 18 наблюдений птиц (Абылхасанов и др., 2017, рис. 4, табл. 1).

Табл. 1. Регистрации степных орлов (*Aquila nipalensis*) в 2006–2017 гг. на сайте birds.kz: Абылхасанов и др., 2017. Номера точек соответствуют их нумерации на рис. 4.

Table 1. Records of the Steppe Eagles (*Aquila nipalensis*) on the web-site birds.kz in 2006–2017: Abylkhassanov et al., 2017. Numbers of records in the Table correspond to those in fig. 4.

№	Дата / Date	Название точки / Point name	Автор / Author
1	06.09.2006	Абайский район, Карагандинская область	Аскар Исабеков
К	23–25.04.2007	Наблюдения включены в публикацию: Карякин и др., 2008	Андрей Коваленко
2	28.08.2007	Шетский район, Карагандинская область	Аскар Исабеков
3	26.04.2008	Северное Прибалхашье, Актогайский район, Карагандинская область	Аскар Исабеков
4	26.04.2008	Казахский мелкосопочник, Шетский район, Карагандинская область	Аскар Исабеков
5	03.05.2008	Восточно-Коунрадский, г. Балхаш, северное побережье Балхаша.	Валерий Грюнберг
6	25.04.2012	с. Актюбек, Карагандинская область	Руслан Уразалиев
7	05.05.2012	Теректы-Аулие	Олег Белялов
8	20.05.2012	Около 120 км юго-западнее г. Жезказган	Талгат Абылхасанов
9	25.05.2013	с. Баршын, Карагандинская область	Руслан Уразалиев
10	25.05.2013	Баршино	Александр Путилин
11	09.04.2014	Алматы – Балхаш – Караганда	Александр Катунцев
12	24.04.2014	п. Актюбек, Карагандинская область	Александр Путилин
13	23.07.2014	Кенжарык, Карагандинская обл	Тимур Искаков
14	16.04.2015	Бетпақдала	Айпери Акимканова
15	05.05.2015	Карагандинская область, восточнее станции Мойынты	Айпери Акимканова
16	05.05.2015	Карагандинская область, Восточная Бетпақдала	Айпери Акимканова
17	09.04.2016	Западная Бетпақдала, оз. Каракойын	Сергей Шмыгалев
18	05.06.2017	Карагандинская область, г. Жезказган	Денис Козлов

¹⁵³ <http://ebird.org/map>

¹⁵⁴ <http://observado.org>

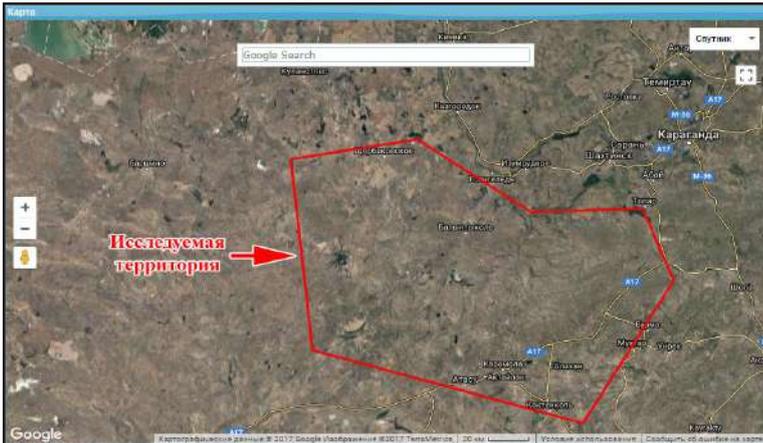


Рис. 5. Территория исследований в 2017 г.

Fig. 5. Surveyed area in 2017.

Современная численность мировой популяции степного орла, учитывая негативный тренд последних десятилетий в России и Казахстане, оценивалась в 26,0–36,7 тыс. гнездящихся пар (Карякин, 2015). На казахстанские популяции степных орлов приходилось по разным оценкам от 70 % до 84,47 % от мировой численности вида, а численность центральноказахстанской популяции, которая фактически целиком входит в границы Карагандинской области (популяция занимает территорию, площадью 191666 км²), оценивалась в среднем около 3 тыс. гнездящихся пар, или 8,24 % мировой популяции вида (Карякин и др., 2016). По результатам данных исследований вышеуказанные оценки численности степного орла были откорректированы.

Методика исследований

Полевые исследования проводились с 22 июня по 18 июля 2017 г. За этот период была обследована достаточно перспективная для обитания степного орла территория между Топаром, Атасу и Кургальджино – это участок мелкосопочника, площадью 24 000 км² (рис. 5).

Исследования проводились полностью в соответствии с Методическими рекомендациями по организации мониторинга по-

пуляций степного орла в России и Казахстане (Карякин, 2012).

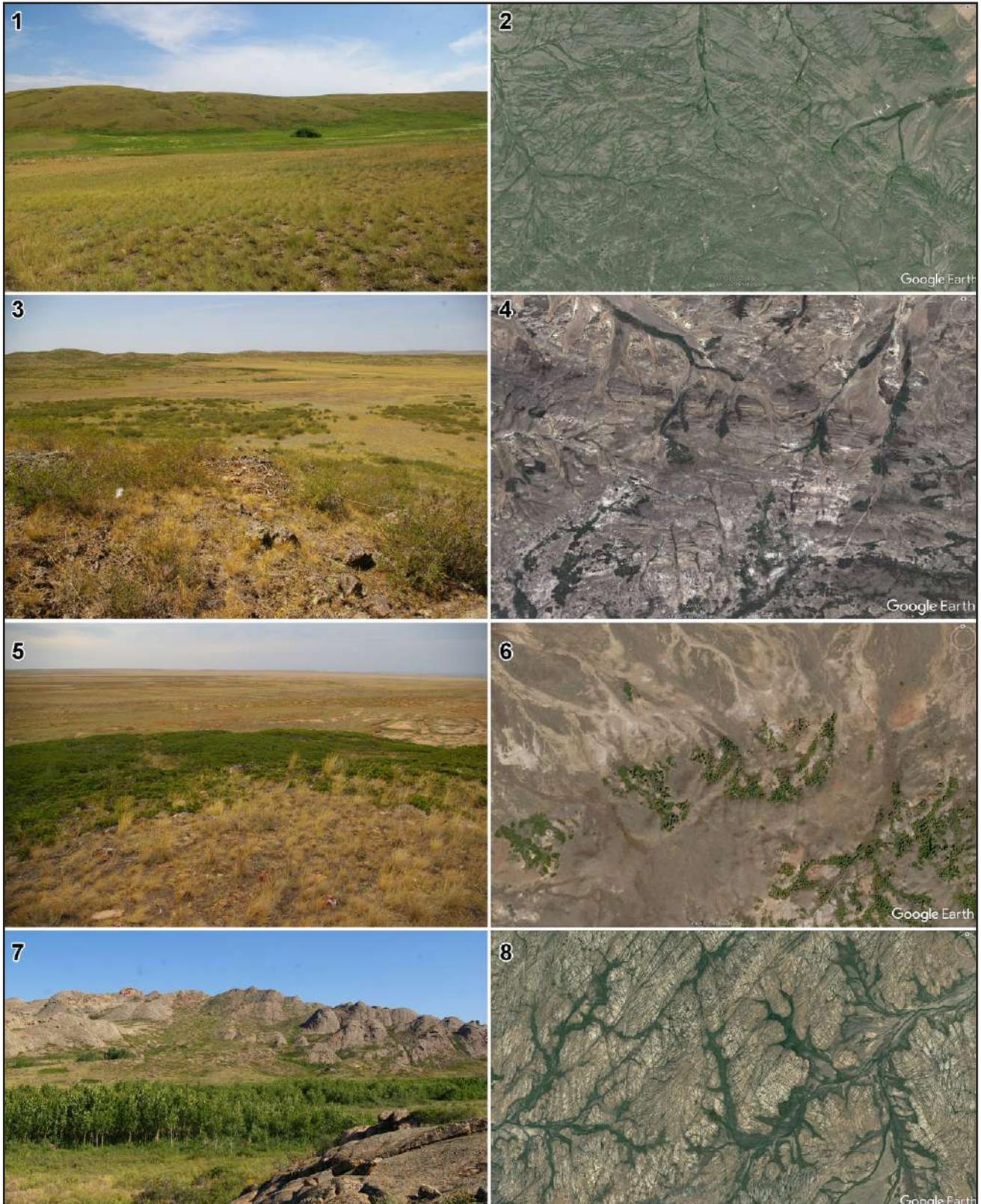
Для работы по проекту были сформированы две исследовательских группы, которые передвигались на автомобилях УАЗ автономно друг от друга со встречами на контрольных точках. Группы передвигались через степные местообитания таким образом, чтобы максимально охватить наблюдением с траектории маршрута возможные места присад орлов и места вероятного устройства их гнёзд, которые осматривали на регулярных остановках. Расстояние между точками остановок определялось структурой ландшафта, но не превышало 500 м в ложбинах между высокими сопками и одного километра на ровных степных участках. Обычно остановки осуществлялись через 100–200 м, что позволяло рассматривать скалы или узкие распадки с разных ракурсов, что существенно уменьшало возможность пропуска птиц, их присад и гнёзд. Время осмотра окружающей местности на точках определялось сложностью рельефа и многообразием гнездопригодных мест в зоне наблюдения и варьировало от 3 до 30 минут на каждой точке.

Осмотр мест, пригодных для гнездования степного орла, был ориентирован в первую очередь на выявление активных гнёзд. При обнаружении пустующих построек орлов без следов присутствия птиц, присад с пухом и перьями, либо при обнаружении птиц, местность вокруг тщательно осматривали с точки остановки. Если активное гнездо не обнаружено сразу же, обследовали возможные места его устройства, скрытые от наблюдения с точки остановки на оси маршрута. Для этого визуально или по карте определялись ближайшие места возможного устройства гнёзд (исходя из стереотипов гнездования местной группировки степных орлов), которые также тщательно осматривали (добираясь к ним на автомобиле или пешком). Вне зависимости от результатов поиска гнезда вокруг точки остановки, группа возвращалась на запланированный маршрут и продолжала движение дальше, змейкой обследуя лишь контрольные тер-



Самка степного орла на гнезде с птенцами. Единственное жилое гнездо, устроенное на дереве. Фото И. Карякина.

Female of the Steppe Eagle on the nest with nestlings. The only successful nest, arranged on a tree. Photo by I. Karyakin.



Типичные местообитания степного орла на площадках на фотографиях (слева) и космоснимках (справа): 1–2 – площадка № 1, 3–4 – площадка № 6, 5–6 – площадка № 9. Нумерация площадок соответствует их нумерации на рис. 7 и в табл. 2–4. Гранитные массивы, в которых степной орёл отсутствует на гнездовании – 7–8. Фото Э. Николенко.

Typical habitats of the Steppe Eagle on the surveyed plots in the photos (at the left) and satellite images (at the right): 1–2 – plot 1, 3–4 – plot 6, 5–6 – plot 9. Numbers of plots in the figure correspond to those in tables 2–4 and fig. 7. Granite mountains in which the Steppe Eagle is not breeding – 7–8. Photos by E. Nikolenko.

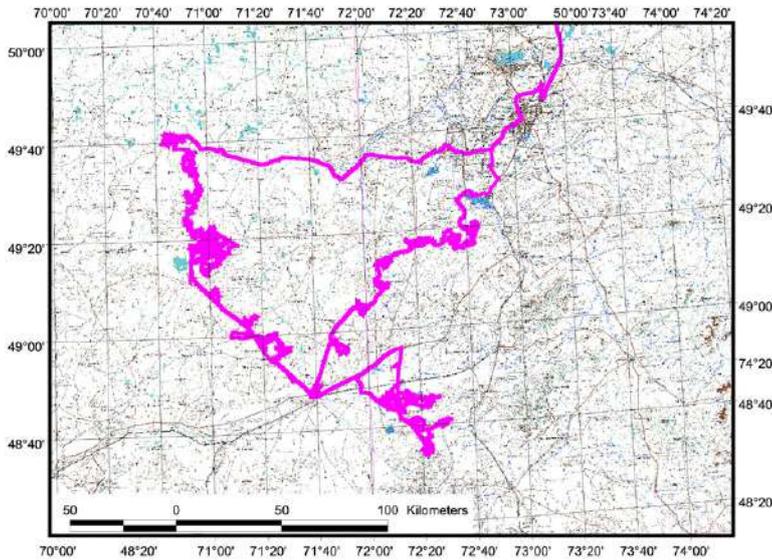


Рис. 6. Маршрут экспедиции в 2017 г.

Fig. 6. Expedition route in 2017.

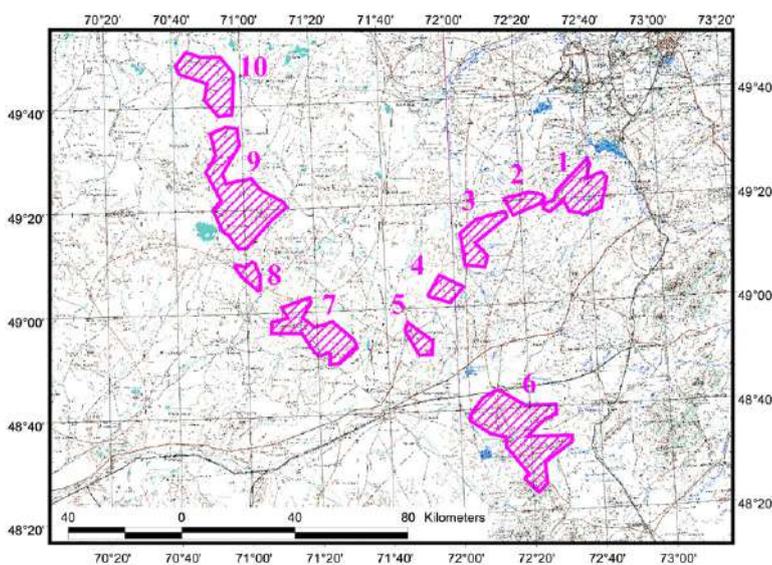


Рис. 7. Площадки для учёта степного орла в 2017 г. Нумерация площадок соответствует их нумерации в табл. 2–4.

Fig. 7. Plots for the account of the Steppe Eagle in 2017. Numbers of plots in the figure correspond to those in tables 2–4.

ритории. Если в ходе поиска гнезда были намечены новые участки, пригодные для гнездования степного орла, но не запланированные для обследования, их обследование откладывали на период после завершения основного маршрута.

Места присад, как и активные гнёзда, идентифицировали по пуху и линным перьям орлов, а при близком осмотре – по наличию погадок и остатков жертв.

Обследование не проводилось или прекращалось во время дождя. У гнёзд с пуховыми птенцами проводили не больше 10

минут, чтобы не навредить птицам своим беспокойством.

Птенцы в возрасте старше 30 дней кольцевались цветными кольцами Российской сети изучения и охраны пернатых хищников по схеме, разработанной для Центрального Казахстана, – жёлтые снизу, зелёные сверху с чёрным кодом.

Координаты мест обнаружения птиц и гнёзд определяли с помощью GPS-навигаторов и отмечали на карте учёта. В дальнейшем, информация о найденных птицах и гнёздах вносилась в раздел «Пернатые хищники Мира» веб-ГИС «Фаунистика», из которой для дальнейшей обработки в ГИС (ArcView 3.2, 3.3 ESRI) выводился шейп-файл, а также формировался фотоотчёт.

Гнездовые участки степных орлов разделяли на 2 категории – занятый гнездовой участок и покинутый гнездовой участок.

Занятый гнездовой участок – участок, на котором обнаружено активное гнездо, в котором отмечено размножение или, как минимум, была попытка размножения (пустое гнездо с признаками размножения); на котором обнаружено абонируемое птицами гнездо с признаками его обновления (наличие свежей выстилки) и/или посещения (наличие помёта, погадок, пуха и линных перьев), но без признаков размножения (останки яиц, птенцов); на котором встречена пара птиц с гнездовым поведением, но гнездо не найдено (встречи охотившихся птиц сюда не относили).

Покинутый гнездовой участок – участок, на котором обнаружено старое гнездо без признаков посещения птицами и при этом на участке птицы не встречены.

В свою очередь занятые гнездовые участки включали как успешные гнездовые участки (на которых отмечено успешное размножение), так и безуспешные (на которых птицы абонировали гнёзда, но размножение не зарегистрировано, либо в гнёздах обнаружены остатки яиц или птенцов, или было известно их наличие).

Протяжённость автомобильных и пеших маршрутов определяли по длине трека в GPS-навигаторе. Протяжённость маршрутов составила более 3500 км. Не дублирующиеся учётные маршруты по степным местообитаниям составили 2659 км (рис. 6).

По маршруту движения группы были заложены 10 учётных площадок общей площадью 2191.5 км² (рис. 7, табл. 2).

В ходе подготовки к экспедиции в ГИС ArcView 3.x проведён анализ экосистем-

Табл. 2. Площадки для учёта степного орла в 2017 г. Нумерация площадок соответствует их нумерации на рис. 7.

Table 2. Plots for the account of the Steppe Eagle in 2017. Numbers of plots in the table correspond to those in fig. 7.

№	Название площадки Name of plot	Площадь (км ²) Area (km ²)	Периметр (км) Perimeter (km)
1	Шерубай-Нури́нский мелкосопочник / Sherubai-Nura upland	223.6	76.6
2	Мелкосопочник в верховьях р. Бурнак Upland in the upper reaches of the Burnak river	66.0	34.6
3	Есенский мелкосопочник / Esen upland	142.7	62.7
4	Степь у д. Бестоган / Steppe near the Bestogan village	68.6	33.7
5	Сопки у с. Интымак / Steppe near the Intymak village	59.8	33.4
6	Сопки у с. Коктенколь / Hills near Koktenkol village	537.2	133.0
7	Мелкосопочник у с. Талдыбулак / Upland near Taldybulak village	274.6	97.2
8	Сырткинская степь / Syrtinskaya steppe	48.6	31.5
9	Шашкакольская степь (степь между селами Айнабулак и Амантау) Shashkakolskaya steppe	519.3	126.7
10	Топыркольская степь (левобережье р. Куланотпес) / Торурколская степь Topyrkolskaya steppe	251.1	72.3
ВСЕГО / TOTAL		2191.5	

Табл. 3. Показатели размножения степного орла на учётных площадках Карагандинской области в 2017 г. Нумерация площадок соответствует таковой на рис. 7.

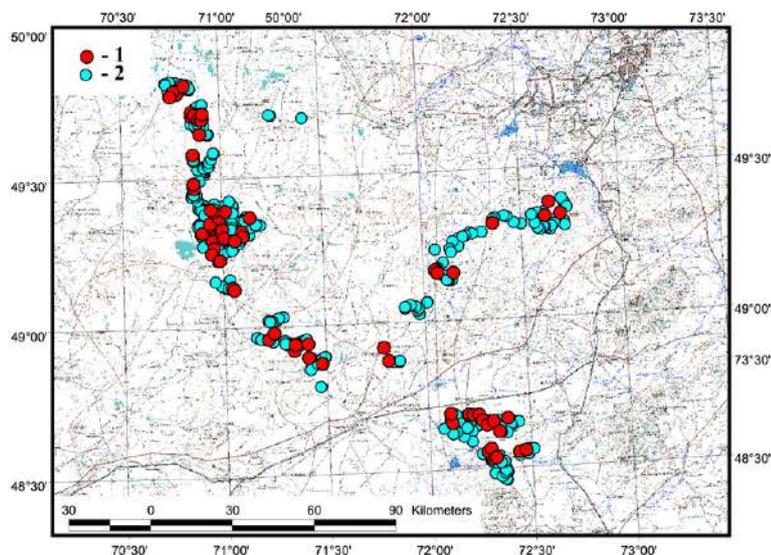
Table 3. Parameters of the Steppe Eagle reproduction on the plots of the Karaganda region in 2017. Numbers of plots in the table correspond to those in fig. 7.

№	Название площадки Name of plot	Количество занятых гнезд Occupied nests	Количество успешных гнезд (жилые гнезда) Successful nests (living nests)	Количество живых птенцов Live nest- lings	Успех размножения Breeding success	
					Среднее количество птенцов на успешное гнездо Nestlings per successful nests	Среднее количество птенцов на занятое гнездо Nestlings per occu- pied nests
1	Шерубай-Нури́нский мелкосопочник Sherubai-Nura upland	13	3	4	1.33±0.58	0.31±0.63
2	Мелкосопочник в верховьях р. Бурнак Upland in the upper reaches of the Burnak river	4	1	1	1	0.25±0.50
3	Есенский мелкосопочник Esen upland	9	3	4	1.33±0.58	0.44±0.73
4	Степь у д. Бестоган Steppe near the Bestogan village	4	0	0	0	0
5	Сопки у с. Интымак Steppe near the Intymak village	3	2	3	1.50±0.71	1.00±1.00
6	Сопки у с. Коктенколь Hills near Koktenkol village	28	17	26	1.53±0.62	0.93±0.90
7	Мелкосопочник у с. Талдыбулак Upland near Taldybulak village	18	7	9	1.29±0.49	0.50±0.71
8	Сырткинская степь Syrtinskaya steppe	2	2	2	1	1
9	Шашкакольская степь Shashkakolskaya steppe	67	25	39	1.56±0.58	0.58±0.84
10	Топыркольская степь Topyrkolskaya steppe	20	11	15	1.36±0.50	0.75±0.79
ВСЕГО / Среднее ± SD TOTAL / Average ± SD		168	71	103	1.45±0.56	0.61±0.80



Гнёзда степного орла с различным статусом: 1–2 – набросок гнезда (недостроенное гнездо) на месте сгоревшего гнезда, 24.06.2017, площадка № 1, 3–4 – безуспешное гнездо с погибшей кладкой, 26.06.2017, площадка № 1, 5–6 – успешное (жилое) гнездо с птенцом и неоплодотворённым яйцом, 26.06.2017, площадка № 2, 7–8 – старое гнездо, 27.06.2017, площадка № 3. Фото И. Карякина, Э. Николенко и Л. Зиневич.

Nests of the Steppe Eagle with different status: 1–2 – unfinished nest in place of the burnt nest, 24/06/2017, plot 1, 3–4 – unsuccessful nest with dead clutch, 26/06/2017, plot 1, 5–6 – successful nest with nestling and dead egg, 26/06/2017, plot 2, 7–8 – old (not occupied) nest, 27/06/2017, plot 3. Photos by I. Karyakin, E. Nikolenko, L. Zinevich.



ного покрытия Карагандинской области и выделены потенциальные местообитания степного орла (см. рис. 11). Критериями для их выделения взяты видимые на снимках и картах характеристики известных гнездовых участков, такие как площадь ненарушенных степных местообитаний, площадь залежей, пересечённость местности, наличие лесополос, линий электропередачи, и пр. В качестве местообитаний, ненаселённых степным орлом, выделены сильно пересечённые (гранитные массивы) малонарушенные территории, обширные солончаковые равнины, а также пахотные угодья, включая залежи менее чем 10-летней давности. Часть выделенных типов местообитаний степного орла была подтверждена в ходе прежних полевых исследований в Карагандинской области, либо в ходе транзитных маршрутов.

Для оценки численности степного орла средние показатели плотности, полученные на площадках, экстраполировали на территорию аналогичных местообитаний в пределах гнездового ареала вида в Карагандинской области (Карякин, 2004; Карякин, 2012).

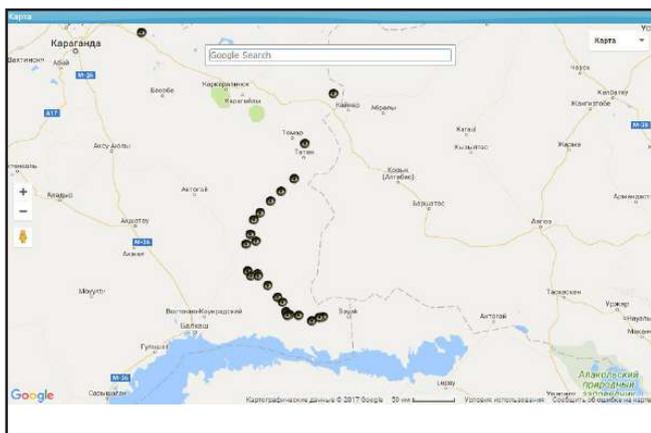


Рис. 8. Регистрации степных орлов по данным исследований 2017 г.: 1 – успешные гнёзда, 2 – иные точки регистрации степных орлов.

Fig. 8. Records of the Steppe Eagles according to research data in 2017: 1 – successful nests, 2 – other records of the Steppe Eagles.

Определение и измерение пространственных характеристик гнездовых участков степного орла проведено с помощью инструментария ArcView, карты плотности построены с использованием модуля Spatial Analyst, дистанции между активными гнёздами степного орла определяли по методу ближайшего соседа (Карякин и др., 2009). Математическую обработку данных осуществляли в MS Excel 2003 и Statistica 10. Для показателей размножения приводятся среднее значение \pm SD.

Результаты исследований

Распространение, численность, успех размножения

В результате работы экспедиции в 2017 г. в базу внесено 528 точек встреч птиц или обнаружения гнёзд, всего было встречено 808 птиц, локализовано 280 гнездовых участков степных орлов, в том числе 71 успешное гнездо (рис. 8). В пределах учётных площадок осмотрено 277 гнездовых участков (96,18 %), в том числе 70 успешных гнёзд, на которых отмечено 102 птенца.

Занятость гнездовых участков составила 87,73 %, а доля активных гнёзд на занятых гнездовых участках – 69,14 %. Успешными оказались 42,26 % гнёзд от числа активных и 25,63 % – от числа выявленных гнездовых участков.

Число птенцов в выводках варьировало от 1 до 3, составив в среднем ($n=71$) $1,45 \pm 0,56$ птенцов на успешное гнездо и ($n=168$) $0,61 \pm 0,80$ птенцов на занятое гнездо (табл. 3). При очень высокой доле гнёзд с неудачным размножением (54,46 % от числа активных) отмечена высокая доля гнёзд с погибшими кладками – 34,55 % от числа всех гнёзд с неудачным размножением. При этом доля гнёзд с погибшими кладками, в которых ги-

Неуспешное гнездо степного орла с погибшим выводком. Птенец убит четвероногим хищником. 01.07.2017, площадка № 6. Фото И. Карякина.

Unsuccessful nest of the Steppe Eagle with the dead brood. The nestling is killed by a predatory mammals individual. 07/01/2017, plot 6. Photo by I. Karyakin.

Табл. 4. Результаты учёта степных орлов на площадках Карагандинской области в 2017 г. Нумерация площадок соответствует таковой на рис. 7.

Table 4. Account results of the Steppe Eagle on the plots of the Karaganda region in 2017. Numbers of plots in the table correspond to those in fig. 7.

№	Название площадки Name of plot	Площадь (км ²) Area (km ²)	Все участки All breeding territories	Плотность (пар/100 км ²) Density (pairs/100 km ²)	Все занятые участки* All occupied breeding territories*	Плотность (пар/100 км ²) Density (pairs/100 km ²)	Занятые активные гнёзда** Occupied active nests**	Плотность (пар/100 км ²) Density (pairs/100 km ²)	Успешные гнёзда Successful nests	Плотность (пар/100 км ²) Density (pairs/100 km ²)	Доля от занятых, % Share from occupied, %	Безуспешные гнёзда Not successful nests	Доля от занятых, % Share from occupied, %	Покинутые гнездовые участки Abandoned breeding territories	Доля от всех, % Share from all, %
1	Шерубай-Нуринский мелкосопочник Sherubai-Nura upland	223.6	19	8.50	18	8.05	13	5.81	3	1.34	23.08	10	76.92	1	5.26
2	Мелкосопочник в верховьях р. Бурнак Upland in the upper reaches of the Burnak river	66.0	4	6.06	4	6.06	4	6.06	1	1.52	25.00	3	75.00	0	0
3	Есенский мелкосопочник Esen upland	142.7	17	11.91	16	11.21	9	6.31	3	2.10	33.33	6	66.67	1	5.88
4	Степь у д. Бестоган Steppe near the Bestogan village	68.6	7	10.20	7	10.20	4	5.83	0	0	0	4	100.00	0	0
5	Сопки у с. Интымак Steppe near the Intymak village	59.8	4	6.69	4	6.69	3	5.02	2	3.35	66.67	1	33.33	0	0
6	Сопки у с. Коктенколь Hills near Koktenkol village	537.2	55	10.24	37	6.89	28	5.21	17	3.16	60.71	11	39.29	18	32.73
7	Мелкосопочник у с. Талдыбулак Upland near Taldybulak village	274.6	25	9.10	24	8.74	18	6.56	7	2.55	38.89	11	61.11	1	4.00
8	Сырткинская степь Syrtingskaya steppe	48.6	7	14.40	5	10.28	2	4.11	2	4.11	100.00	0	0	2	28.57
9	Шашкакольская степь Shashkakolskaya steppe	519.3	105	20.22	96	18.49	67	12.90	25	4.81	37.31	42	62.69	9	8.57
10	Топыркольская степь Torurkolskaya steppe	251.1	34	13.54	32	12.74	20	7.96	11	4.38	55.00	9	45.00	2	5.88
ВСЕГО / TOTAL		2191.5	277	12.64	243	11.09	168	7.67	71	3.24	42.26	97	57.74	34	12.27

* Занятые орлами гнездовые участки с учётом пар, у которых гнёзда найти не удалось, а также одиночных птиц, абонирующих старые гнездовые постройки / Occupied breeding territories of the Steppe Eagles including pairs without known nests and old nests occupied by individuals.

** Гнёзда, которые подновлялись в начале сезона размножения (активные гнёзда без учёта старых построек, абонируемых птицами и используемых как присады) / Nests, which were refreshed at the beginning of the breeding season (active nests) without old nests used by individuals as perches.

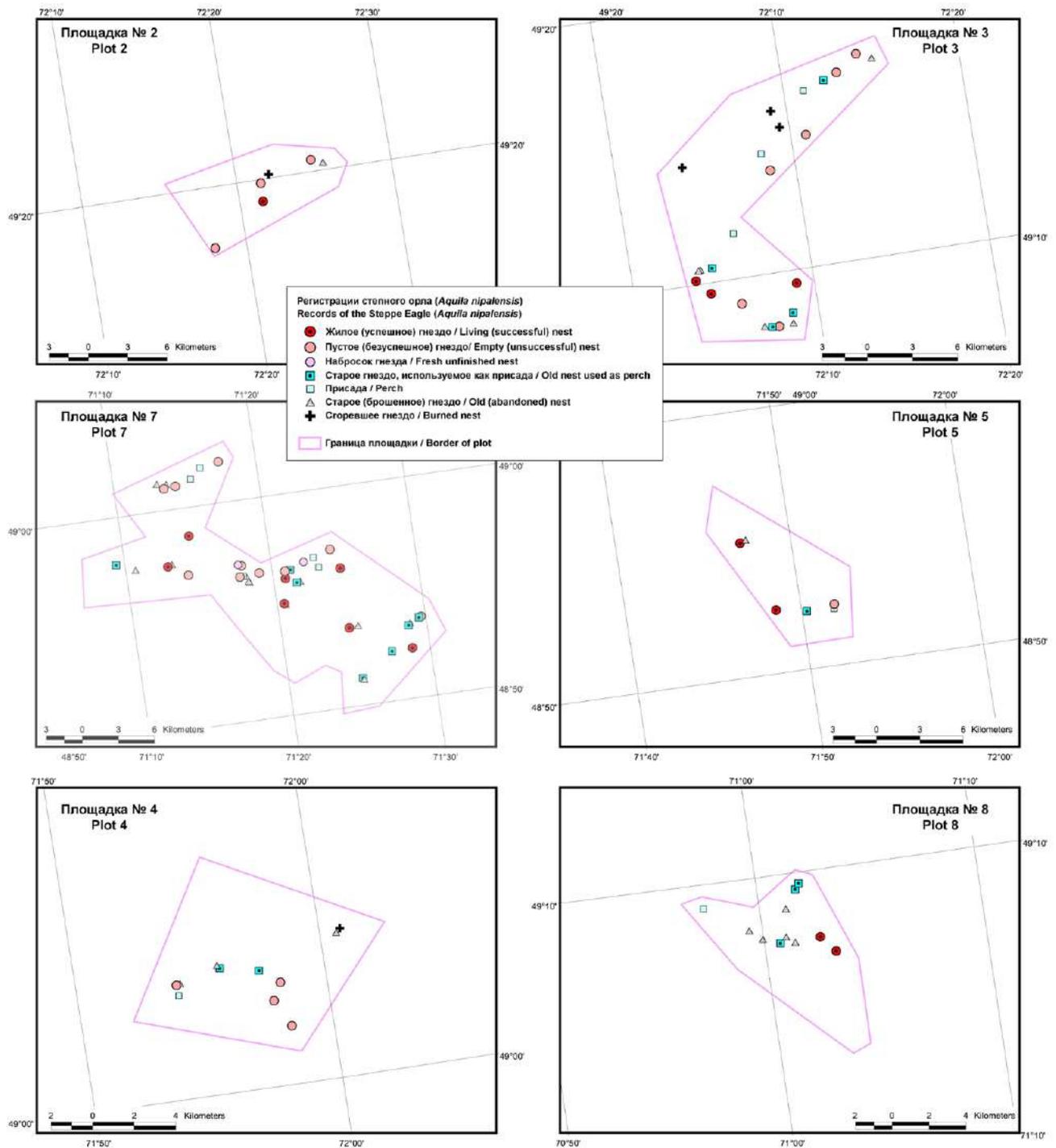


Рис. 9А. Схемы распределения точек регистрации степного орла на площадках 2–5 и 7–8.

Fig. 9A. Distribution of the Steppe Eagle records in plots 2–5 and 7–8.

бель именно кладок подтвердить не удалось, определён выше, и может доходить до половины от всех случаев неудачного размножения.

Полные учётные данные по гнездовым участкам степных орлов на площадках отражены в таблице 4. Схемы распределения точек регистрации степного орла на площадках показаны на рис. 9А и 9В.

Дистанции между ближайшими соседями

ми для всех обнаруженных активных гнёзд варьировали от 0,88 до 5,29 км, составив в среднем ($n=112$) $2,11 \pm 1,02$ км (рис. 10, табл. б). Как минимальная, так и максимальная дистанции лежат между двумя успешными гнёздами (минимальная дистанция выявлена между гнёздами на площадке № 9 – см. рис. 9В). Половина всех дистанций между ближайшими соседями лежит в диапазоне 1–2 км.

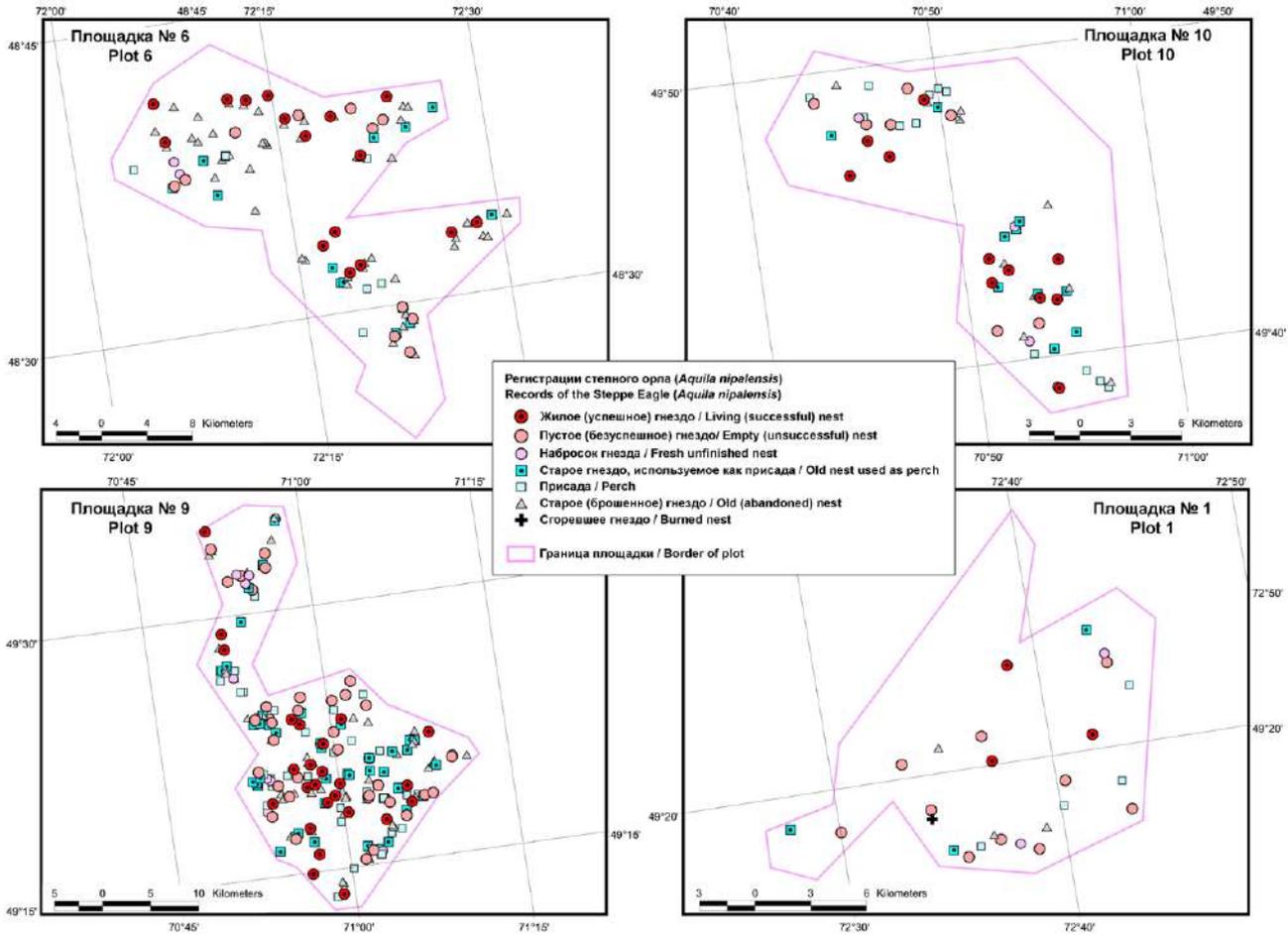


Рис. 9В. Схемы распределения точек регистрации степного орла на площадках 1, 6 и 9–10.

Fig. 9B. Distribution of the Steppe Eagle records in plots 1, 6 and 9–10.

Плотность распределения гнездовых участков степных орлов с учётом пустующих составила 6,06–20,22/100 км², в среднем 12,64/100 км². Плотность распределения занятых гнездовых участков составила 6,06–18,49/100 км², в среднем

11,09/100 км². В силу того, что многие старые гнёзда абонировались молодыми птицами, для расчёта численности степного орла на гнездовании в Карагандинской области пришлось ориентироваться только на активные гнёзда, которые подновлялись

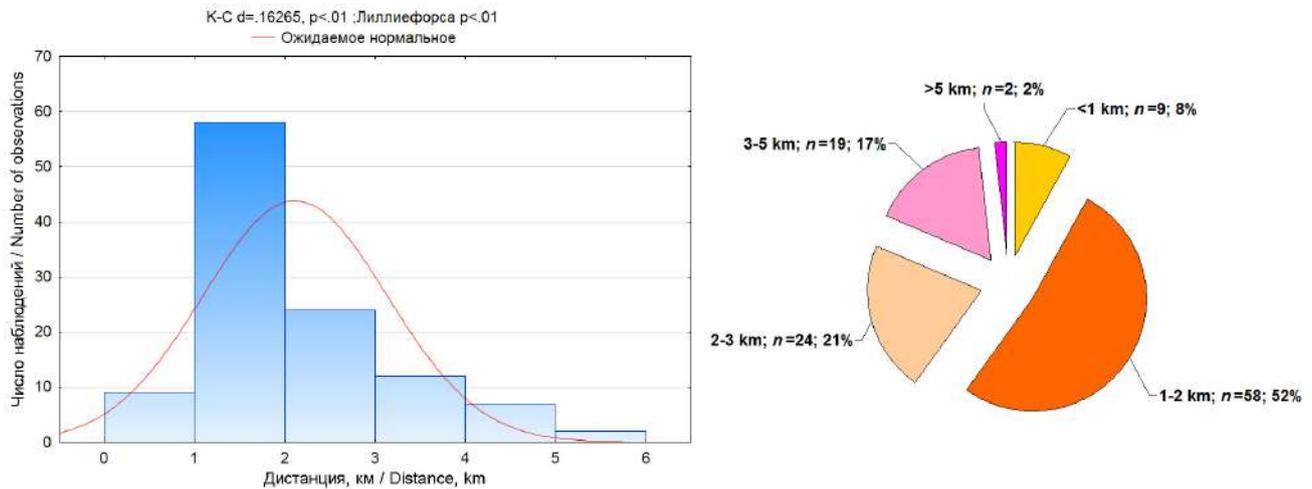


Рис. 10. Дистанции между ближайшими соседями.

Fig. 10. Distances between the nearest neighbors.

Табл. 5. Оценка численности степного орла в Карагандинской области в 2017 г. Нумерация местообитаний соответствует таковой на рис. 11.

Table 5. Estimation of the Steppe Eagle population numbers in the Karaganda region in 2017. Numbers of habitats in the table correspond to those in fig. 11.

№ на карте	Природный район / Habitat	Площадь (км ²) Area (km ²)	Экстраполируемая	Оценка численности в гнездящихся парах Estimation of population numbers, breeding pairs	Оценка численности в успешных парах* Estimating of population number, successful nests*
			плотность активных гнёзд на учётных площадках, пар/100 км ² Extrapolated density of active nests on the plots, pairs/100 km ²		
1	Мелкосопочник в центральной части бассейна р. Сарысу / Upland in the central part of the Sarysu river basin	18827.9	6.04 (5.36–6.80)	1137 (1009–1280)	518 (459–583)
2	Прибалхашье / Balkhash Lake region	37023.3	1.23	455	207
3	Северо-восток Карагандинской области / North-East of Karaganda region	11101.4	1.25	139	63
4	Северо-запад Карагандинской области / North-West of Karaganda region	33310.7	6.04 (5.36–6.80)	2012 (1785–2265)	916 (813–1031)
5	Степные мелкосопочники, прилегающие к Улытау / Steppe hills adjacent to Ulytau Mountins	14886.0	0.84	125	57
6	Центральная часть северной половины Карагандинской области (без популяционного ядра) / Central part of the northern half of Karaganda region (without population core)	18691.6	6.04 (5.36–6.80)	1129 (1002–1271)	514 (456–579)
6	Ядро группировки центральной части северной половины Карагандинской области / Population core of the central part of the northern half of Karaganda region	1356.0	12.9	175	80
7	Чинки Бетпакадалы / Cliff-faces of the Betpak-Dala	1990.0	1.87	37	17
8	Чинки правобережья Сарысу / Cliff-faces in the right bank of Sarysu river	5363.1	1.23	66	30
ВСЕГО / TOTAL		142549.9		5275 (4793–5813)	2402 (2183–2647)

* по исследованиям 2017 г. для всех территорий условно принята доля успешных участков от числа занятых, равная 45,54 % / according to research in 2017 for all territories the share of successful breeding territories from the number of occupied breeding territories, accepted equal to 45.54 %.

в сезон 2017 г. Плотность распределения активных гнёзд составила в среднем 7,67/100 км², изменяясь на разных площадках от 4,11 до 12,90 гнёзд/100 км².

С учётом несимметричного доверительного интервала, для расчёта численности степного орла на всей площади степных местообитаний Карагандинской области можно оперировать показателями плотности распределения активных гнёзд от 5,7 до 10,3 пар/100 км² (в среднем 7,67 пар/100 км²). Однако более объективную оценку может дать отдельный пересчёт очаговых показателей плотности (12,9 пар/100 км²)

на территорию основного ядра популяции и усреднённых по 9 площадкам показателей плотности на остальные степные территории, на которых плотность распределения степных орлов варьирует от 4,11 до 7,96 пар/100 км² (табл. 4) и с учётом несимметричного доверительного интервала составляет от 5,36 до 6,80 пар/100 км² (в среднем 6,04 пар/100 км²).

Плотность распределения успешных гнёзд степного орла на площадках варьировала от 0 до 4,81/100 км², составив в среднем 3,24/100 км² (табл. 4).

В ходе ГИС-анализа территории площадь

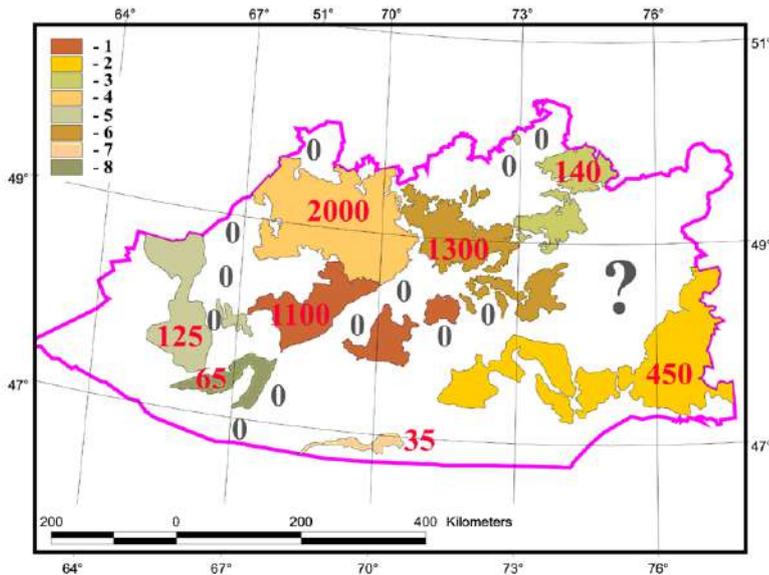


Рис. 11. Местообитания степного орла в Карагандинской области: 1 – Мелкосопочник в центральной части бассейна р. Сарысу, 2 – Прибалхашье, 3 – Северо-восток Карагандинской области, 4 – Северо-запад Карагандинской области, 5 – Степные мелкосопочники, прилегающие к Улытау, 6 – Центральная часть северной половины Карагандинской области, 7 – Чинки Бетпак-Далы, 8 – Чинки правобережья Сарысу. Цифрами на карте обозначена численность гнездовых группировок (0 – степной орёл не найден на гнездовании). Нумерация местообитаний соответствует их нумерации в табл. 5.

Fig. 11. Habitats of the Steppe Eagle in the Karaganda region: 1 – Upland in the central part of the Sarysu river basin, 2 – Balkhash Lake region, 3 – North-East of Karaganda region, 4 – North-West of Karaganda region, 5 – Steppe hills adjacent to Ulytau Mountains, 6 – Central part of the northern half of Karaganda region, 7 – Cliff-faces of the Betpak-Dala, 8 – Cliff-faces in the right bank of Sarysu river. Numbers on the map show the Steppe Eagle population numbers (0 – the breeding territories of the Steppe Eagle is not found). The numbering of habitats corresponds to that in table 5. Numbers of habitats in the fig. 10 correspond to those in table 5.

гнездопригодных для степного орла местообитаний в рассматриваемой части Карагандинской области (Центральная часть северной половины Карагандинской области – рис. 11: полигон б) определена в 20 047,6 км², а в Карагандинской области в целом – в 142 549,9 км².

Для площади гнездопригодных местообитаний в рассматриваемой части Карагандинской области (20 047,6 км²) можно оценить численность степного орла на гнездовании в диапазоне от 1177 до 1446 пар, в среднем 1304 пары, из которых в ядре популяции – в окрестностях Шашкаколя – на площади 1356,0 км² гнездится в среднем 175 пар. В целом же для площади гнездопригодных местообитаний во всей Карагандинской области (142 549,9 км²) можно оценить численность степного орла на гнездовании в диапазоне от 4794 до 5814 пар, в среднем 5275 пар.

Вышеприведённая оценка численности основана на раздельном пересчёте показателей плотности для различных типов мелкосопочников (табл. 5). Для центральной части бассейна Сарысу, Улытау, Бетпак-Далы и Прибалхашья использованы показатели плотности, опубликованные ранее (см. Карякин, Барабашинов, 2006b; Карякин и др., 2008), которые не учитывают возможного сокращения численности степного орла за последние 10 лет.



Пара степных орлов у гнезда на древней могиле (вверху) и самые крупные гнёзда на скальных обнажениях (внизу). Фото И. Карякина.

A pair of the Steppe Eagles near the nest on the ancient grave (upper) and the largest nests on the rock outcrops (bottom). Photos by I. Karyakin.

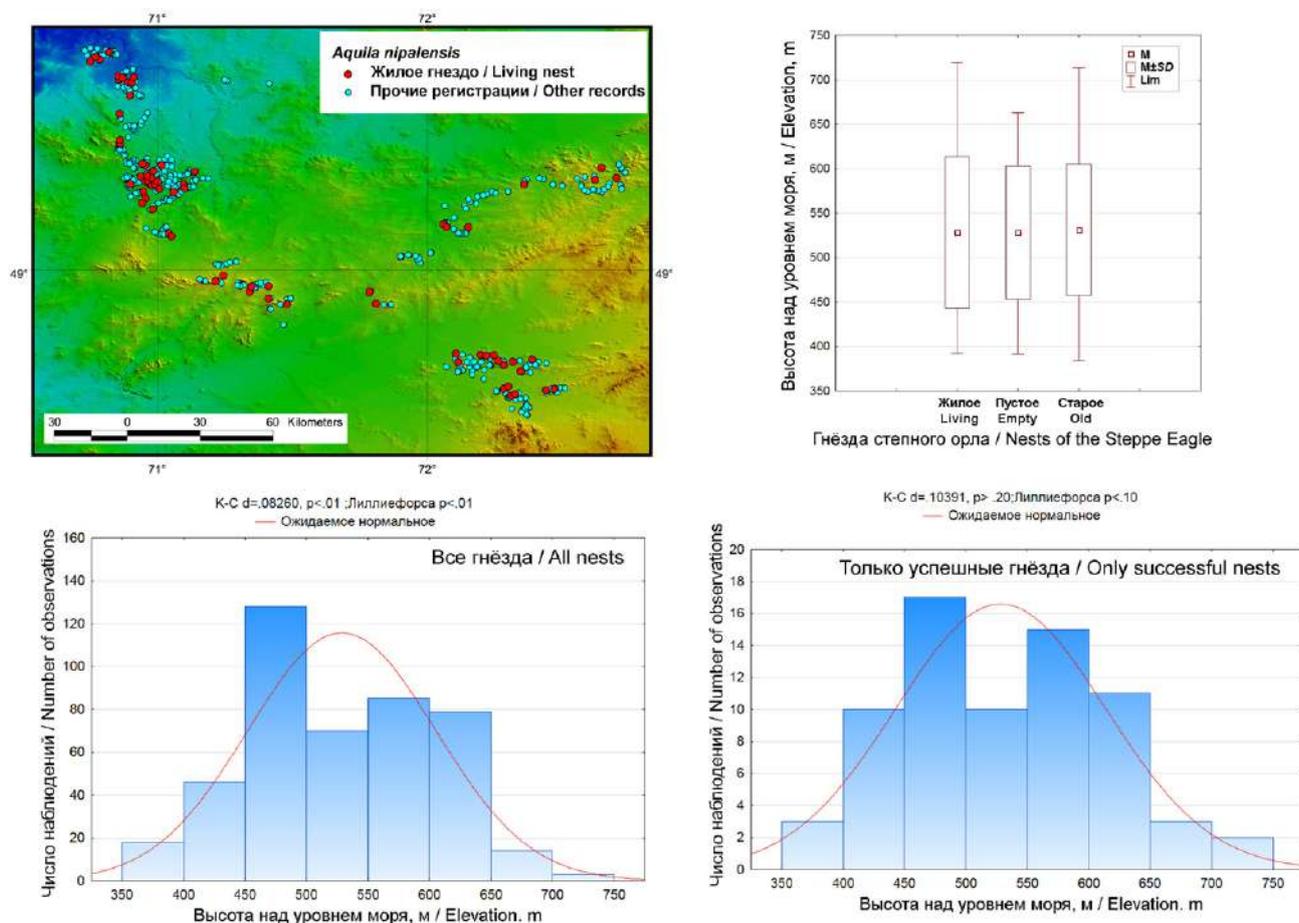


Рис. 12. Высотный диапазон размещения гнёзд степного орла в исследованной части Карагандинской области.

Fig. 12. Elevation range of the nest locations of the Steppe Eagle in the surveyed part of the Karaganda region.

За прошедший, как минимум, 10-летний период степной орёл определённо сократил численность на исследованной в 2017 г. территории, о чём свидетельствует огромный пул старых гнёзд (14,80 %), которые абонируются молодыми птицами в возрасте до 5 лет, а также покинутые участки, доля которых составила 12,27 %.

Из вышеприведённых данных можно предположить, что масштабы сокращения численности степного орла в Карагандинской области составили 27,08 % за 10 лет, но, возможно, это пессимистичная оценка, так как мы доподлинно не знаем возраста сохраняющихся старых гнёзд, которые в условиях Центрального Казахстана при отсутствии степных палов могут сохраняться десятилетиями.

В то же время, большое количество молодых птиц на старых гнёздах говорит о том, что в центральноказахстанской популяции появился запас свободных особей, и она начала восстанавливаться. Об этом же свидетельствуют факты успешного размножения молодых птиц.

Если принять для всех гнездовых группировок степного орла в Карагандинской области показатели размножения в Центральной части её северной половины, полученные в исследовании 2017 г., – 45,54 % успешных гнёзд от числа активных, то можно оценить численность степного орла для всей области в 2402 (2183–2647) успешных пар.

Современная оценка численности центральноказахстанской популяции степного орла составляет в среднем около 4800 пар, что на 1800 пар больше прежней оценки (см. Карякин и др., 2016), что напрямую связано с более детальным обследованием максимально гнездопригодных местообитаний в северной половине Карагандинской области, а также с расширением площади территории для экстраполяции учётных данных на некоторые типы мелкосопочников, в которых подтверждено гнездование степного орла. В то же время остаётся неизученным северо-запад области, где также могут быть выявлены крупные гнездовые группировки вида, и восточная часть, где, впрочем, высокой численности степного орла ожидать не приходится.

Особенности гнездования

На 280 гнездовых участках степных орлов осмотрено 443 гнездовых постройки, включая наброски гнездового материала после гибели первых кладок или на месте сгоревших гнёзд (незавершённые гнёзда).

Высотный диапазон, в котором размещались гнёзда степного орла, варьировал от 384 до 719 м, составив в среднем $528,67 \pm 76,40$ м над уровнем моря (рис. 12, табл. 6). Успешные (жилые) гнёзда размещались в высотном диапазоне от 392 до 719 м, в среднем ($n=71$) $528,24 \pm 85,33$ м, занятые, но безуспешные (пустующие), – от 391 до 663 м, в среднем ($n=92$) $528,21 \pm 74,89$ м, наброски гнёзд – от 389 до 668 м, в среднем ($n=18$) $495,44 \pm 81,06$ м, старые гнёзда – от 384 до 714 м, в среднем ($n=262$) $531,24 \pm 73,93$ м. Достоверных различий в высотном размещении жилых и пустующих ($t=0$, $ss=161$, $p=1,0$) и жилых и старых гнёзд ($t=-0,29$, $ss=331$, $p=0,77$) не выявлено, тем не менее, обращает на себя внимание наличие большего количества успешных гнёзд

в высотных диапазонах 400–500 (38,03 %) и 550–650 м (36,62 %), в то время как старые гнёзда доминируют в высотном диапазоне от 450 до 550 м – в этом диапазоне сосредоточена фактически половина всего пула старых гнёзд (47,71 %). Имеется незначительная положительная корреляция в высотном диапазоне между жилыми и пустующими гнёздами ($r=0,37$, $p<0,05$) за счёт жилых гнёзд в диапазоне высот более 663 м. Все найденные активные гнёзда степных орлов в диапазоне высот от 663 до 719 м (всего 5,63 % от общего числа жилых гнёзд) оказались успешными за счёт того, что они были менее доступны как для людей, так и для четвероногих хищников (располагались на скальных уступах выше 1,5 м и на абсолютных высотах более 50 м от подножия сопкок), и в них в изобилии присутствовал такой массовый корм, как птенцы розового скворца (*Stumus roseus*), которых орлы даже не успевали скормить птенцам в свежем виде.

Большая часть гнёзд степного орла на рассматриваемой территории располага-

Табл. 6. Параметры размещения гнёзд степного орла. Нумерация площадок соответствует их нумерации на рис. 7.

Table 6. Parameters of the nest locations of the Steppe Eagle. Numbers of plots in the table correspond to those in fig. 7.

№	Название площадки Name of plot	n	Дистанции между ближайшими	Параметры размещения гнёзд Parameters of the nest locations		
			активными гнёздами (км) Distances between the nearest active nests (km)	Высота над уровнем моря (м) Elevation (m)	Перепад высот (м/км) Height differ- ence (m/km)	
1	Шерубай-Нурунский мелкосопочник Sherubai-Nura upland	9	2.69±0.89 (1.46–4.09)	22	609.55±21.30 (552–648)	38.32±13.47 (21–77)
2	Мелкосопочник в верховьях р. Бурнак Upland in the upper reaches of the Burnak river	3	3.60±1.96 (1.41–5.17)	5	553.20±24.38 (533–590)	27.80±4.55 (23–32)
3	Есенский мелкосопочник Esen upland	7	2.72±1.03 (1.32–4.35)	18	532.44±18.18 (504–569)	28.33±8.20 (20–52)
4	Степь у д. Бестоган Steppe near the Bestogan village	3	2.39±2.06 (0.94–4.76)	10	551.40±9.35 (535–562)	26.00±6.24 (19–35)
5	Сопки у с. Интымак Steppe near the Intymak village	2	4.67±0.87 (4.06–5.29)	5	641.00±29.47 (606–687)	101.20±54.71 (56–161)
6	Сопки у с. Коктенколь Hills near Koktenkol village	18	1.92±0.65 (1.12–3.53)	102	600.28±29.67 (549–719)	46.94±21.93 (9–106)
7	Мелкосопочник у с. Талдыбулак Upland near Taldybulak village	11	2.39±1.28 (0.95–5.07)	39	638.21±30.11 (580–714)	79.54±36.66 (31–142)
8	Сырткинская степь Syrtingskaya steppe	4	2.76±1.44 (1.16–4.55)	10	534.20±9.47 (523–553)	20.60±4.99 (15–27)
9	Шашкакольская степь (степь между селами Айнабулак и Амантау) / Shashkakolskaya steppe	41	1.75±0.74 (0.88–3.81)	184	481.66±23.19 (428–551)	32.89±17.67 (9–102)
10	Топыркольская степь (левобережье р. Куланотпес) / Topyrkolskaya steppe	15	1.84±0.77 (0.98–3.31)	46	404.20±10.42 (384–434)	17.76±7.00 (4–36)
Среднее ± SD (Lim)*		112	2.11±1.02 (0.88–5.29)	443	528.57±76.36 (384–719)	38.95±26.18 (4–161)
Average ± SD (Lim)*						

* включая гнёзда за пределами площадок / including nests outside the plots



Наиболее высоко расположенные гнёзда степного орла: 1–2 и 7–8 – Шетский р-н, площадка № 6, 30.06., 01.07.2017 г., 3–4 и 5–6 – Жанааркинский р-н, площадка № 5, 28.06.2017 г. Фото И. Карякина, Э. Николенко и Л. Зиневич.

The highest located nests of the Steppe Eagle: 1–2 and 7–8 – Shetskiy distr., plot No. 6, 30/06, 01/07/2017, 3–4 and 5–6 – Zhanaarkinskiy distr., plot No. 5, 28/06/2017. Photos by I. Karyakin, E. Nikolenko, L. Zinevich.



Варианты размеров и расположения гнёзд степного орла: 1–2 – крупное гнездо на вершине небольшой сопки на земле, 3 – имитация гнезда на вершине небольшой сопки на земле, 4 – небольшое гнездо на склоне небольшой сопки на земле, 5–6 – гнездо на выходе камней в ровной степи, 7–8 – гнездо на скальном обнажении вершины сопки. Фото И. Карякина, Э. Николенко и Л. Зиневич.

Variants of the size and location of the Steppe Eagle nests: 1–2 – a large nest on top of a small hill on the ground, 3 – imitation of a nest on top of a small hill on the ground, 4 – a small nest on the slope of a small hillock on the ground, 5–6 – a nest on the stones in the flat steppe, 7–8 – a nest on the rock outcrop of the top of the hill.

Photos by I. Karyakin, E. Nikolenko, L. Zinevich.

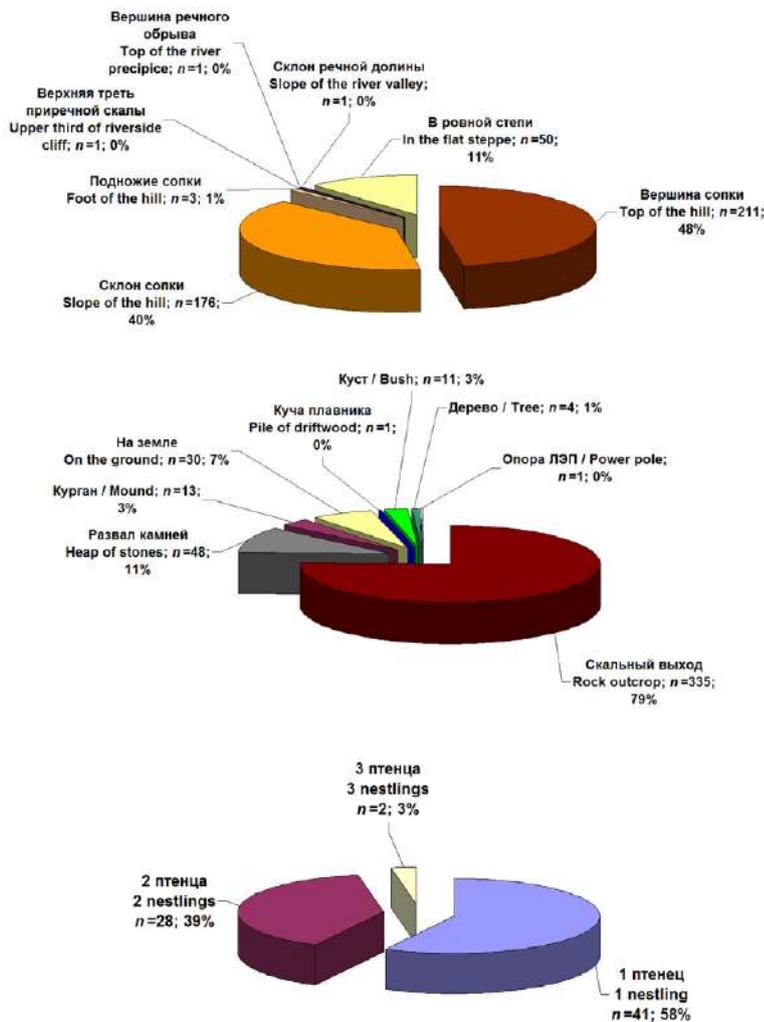


Рис. 14. Размер выводков степного орла.

Fig. 14. Brood sizes of the Steppe Eagle.

Рис. 13. Места устройства гнёзд степного орла.

Fig. 13. Location places of the Steppe Eagle nests.

лась на скальных выходах (75,62 %) или развалах камней (10,84 %), преимущественно на сопках, либо аналогичном субстрате в ровной степи в более низком диапазоне высот (рис. 13, табл. 7). В качестве каменистых субстратов для гнёзд 2,93 % пар использовали курганы. Лишь 2,48 % гнёзд располагались на кустах (в основном на караганах *Saragana* sp.), а 44,02 % гнёзд, устроенных на различных субстратах (в основном на скалах, развалах камней или на земле), были в разной степени закрыты кустами. На деревьях было найдено лишь 4 гнезда (0,9 %, на вязах мелколистных *Ulmus parvifolia* – 3, на лохе узколистной *Elaeagnus angustifolia* – 1) и лишь одно (на лохе) в текущий сезон было успешным (1,41 % от числа успешных гнёзд).

В южной части исследованной территории степной орёл гнезился преимущественно на сопках, и лишь в качестве исключения – в межсочных долинах, но в северной (более низкой и более плоской) части была высока доля гнёзд, устроенных в степи межсочных долин. В целом на исследованной территории на вершинах сопки располагалось 47,63 % гнёзд, на склонах сопки (преимущественно в

Табл. 7. Места устройства гнёзд степного орла. Нумерация площадок соответствует их нумерации на рис. 7.

Table 7. Location places of the Steppe Eagle nests. Numbers of plots in the table correspond to those in fig. 7.

	Скальный выход Rock outcrop	Курган Mound	Развал камней Heap of stones	Куча плавника Pile of driftwood	На земле On the ground	Куст Bush	Дерево Tree	Опора ЛЭП Power pole	Всего Total	Доля, % Share, %
Вершина сопки Top of the hill	166	6	27		8	4			211	47.63
Склон сопки Slope of the hill	140		13		18	4	1		176	39.73
Подножие сопки Foot of the hill	1		1			1			3	0.68
Верхняя треть приречной скалы Upper third of riverside cliff	1								1	0.23
Вершина речного обрыва Top of the river precipice					1				1	0.23
Склон речной долины Slope of the river valley						1			1	0.23
В ровной степи In the flat steppe	27	7	7		4	1	3	1	50	11.29
Всего / Total	335	13	48	1	30	11	4	1	443	100
Доля, % / Share, %	75.62	2.93	10.84	0.23	6.77	2.48	0.90	0.23	100	



Птенцы степного орла разного возраста в гнёздах, устроенных на разных субстратах: 1–2 – на развалах камней, 3 – на лохе, 4–8 – на скальных обнажениях сопки разной высоты. Фото И. Карякина, Э. Николенко и Л. Зиневич.

Nestlings of the Steppe Eagle of different ages in the nests constructed on different substrates: 1–2 – on heaps of stones, 3 – on Oleaster tree, 4–8 – on rock outcrops of hills of different heights. Photos by I. Karyakin, E. Nikolenko and L. Zinevich.



Сгоревшее гнездо степного орла с выжившими птенцами. Поверх пожарища взрослыми птицами уже набросан новый гнездовой материал.
Фото И. Карякина.

*The burned nest of the Steppe Eagle with the surviving nestlings. Adult birds has already sketched a new materials for nest over the ashes.
Photo by I. Karyakin.*

их верхней трети) – 39,73 % и в ровной степи – 11,29 %. Прослеживается явное тяготение степных орлов к гнездованию в верхней части сопок, даже если их относительные высоты невелики.

Как уже отмечалось выше, выводки степного орла в 2017 г. в Карагандинской области состояли из 1–3 птенцов, в среднем ($n=71$) $1,45 \pm 0,56$ птенцов. Доля выводков из 1 птенца составила 57,75 %, из 2-х птенцов – 39,44 % (рис. 14).

Погибшие кладки, обнаруженные в ходе работы (июнь – июль) состояли из 1–2 яиц, в среднем ($n=6$) $1,33 \pm 0,52$ яйца (1 яйцо – 66,67 % кладок, 2 яйца – 33,33 % кладок). Определённо, большинство кладок степного орла состояло из двух яиц, так как в гнёздах с одним птенцом в двух случаях найдено яйцо-болтун, в 6 случаях наблюдалась скорлупа второго раздавленного яйца, в 4-х случаях найдены останки птенца, погибшего на самых ранних этапах выкармливания. Можно предполагать, что размеры кладок в Карагандинской области в 2017 г., могли быть такими же, как в предыдущие годы исследований. В частности, в ходе работ 2005 г. и 2007 г. было осмотрено 6 жилых гнёзд степного орла, содержащих кладки из 2–3 яиц, в среднем $2,33 \pm 0,52$ яйца (Карякин и др., 2008). Следовательно, отход яиц и птенцов на ранних стадиях выкармливания в успешных гнёздах в 2017 г. мог составлять от 30 до 40 %.

Размер собранных погибших яиц составил $(68,3-71,5) \times (52,2-54,5)$ мм, в среднем ($n=4$) $(70,05 \pm 1,36) \times (53,45 \pm 1,05)$ мм.

Одна из важных угроз для степного орла на рассматриваемой территории – степные палы в гнездовой период. Не имея очерченных контуров пожарищ на данной

территории за последние 10 лет, сложно говорить о влиянии палов на центрально-казахстанскую популяцию степного орла, но в любом случае они наносят ей определённый урон. Влияние степных палов двояко. С одной стороны, в отсутствие умеренного выпаса, они выжигают «степной войлок» увеличивая площади, пригодные для обитания малого суслика, являющегося основным объектом питания степного орла. С другой стороны – уничтожают гнёзда, в том числе с птенцами, и оказывают долгосрочный негативный эффект на местообитания, снижая пригодность степи для гнездования и сокращая площади, населённые пищухами, являющимися второстепенным объектом питания орлов. Нами на 11 гнездовых участках (3,93 %) из 280 установлено уничтожение гнёзд палами, причём одно гнездо с выводком из двух птенцов сгорело в год исследований (птенцы каким-то образом выжили в пожарище и докармливались под гнездовой скалой среди пепелища). На 5 участках гнёзда были восстановлены орлами после палов прошлого года, причём в двух из них орлы пытались размножиться, но безуспешно (в одном гнезде была брошена кладка). На 5 участках гнёзда так и не были восстановлены, хотя птицы держались на местах сгоревших гнёзд.

Питание

Судя по останкам добычи (400 экз.), собранным на 99 гнёздах, в питании степного орла определённо доминирует малый суслик – его присутствие отмечено в 58,59 % гнёзд, что составило 19,25 % от общего числа отмеченных объектов добычи (табл. 8, рис. 15). Также в 49,49 % гнёзд присутствовали останки полёвок (*Microtus* sp.), составивших 19,75 % от числа отмеченных объектов добычи. На 28,28 % гнёзд присутствовали останки пищух, составивших 8,25 % от числа отмеченных объектов добычи. В целом доля млекопитающих среди останков добычи составила

62,0 %, а доля птиц – 35,5 %, среди которых абсолютно доминировал розовый скворец – 24,0 % от числа отмеченных объектов добычи (67,61 % среди 142-х останков птиц), но всего лишь на 10,1 % гнёзд (в основном на площадках 5 и 6).

Обсуждение

Данная работа является первым детальным исследованием центральноказахстанской популяции степного орла, поэтому каких-либо мониторинговых данных по динамике численности этой популяции нет. О её неблагополучии говорит большое количество старых гнёзд на незанятых птицами участках, либо участках, абонируемых молодыми птицами. Однако причины, вызвавшие сокращение численности этой популяции, остаются неизвестными. Как, собственно, и неясно откуда берутся молодые птицы, формирующие пары на давно брошенных участках степных орлов со старыми гнёздами. Весьма вероятно, что это молодые птицы из более благополучных популяций Западного и Восточного Казахстана, но, также может быть, что это резерв особей центральноказахстанской популяции. Возможно, в предыдущие годы успех размножения и продуктивность степных орлов данной популяции была выше, соответственно, популяция пополнилась молодыми птицами, и сейчас эта молодёжь начинает осваивать территорию, занимая пригодные для гнездования участки. Тем не менее, показатели успеха размножения степных орлов на изученной территории в 2017 г. оказались в 2 раза ниже, чем в западноказахстанской популяции (см., например, Карякин и др.,

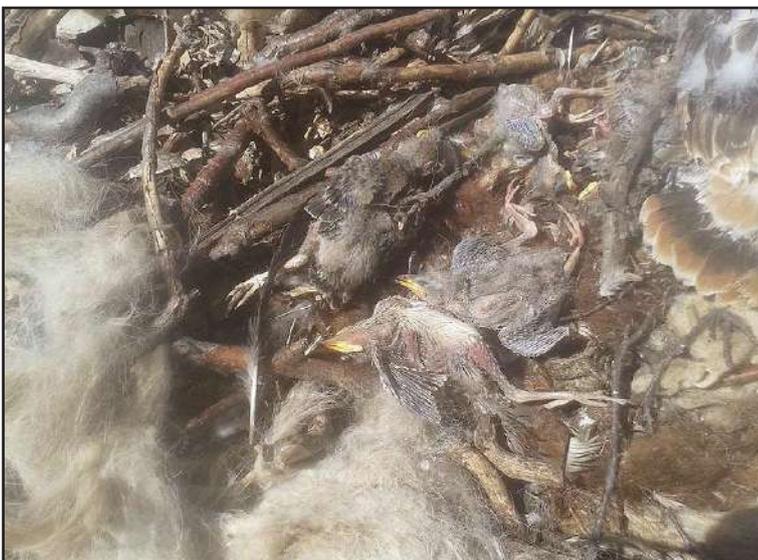
2013), при больших показателях плотности распределения активных гнёзд. Также мы не обнаружили признаков того, что успех размножения тут был выше в предыдущие годы.

На ряде площадок было замечено, что активные гнёзда отличаются параметрами размещения и своими размерами от старых, давно брошенных птицами гнездовых построек – они были меньшего размера, достаточно хорошо укрыты кустами и располагались, как правило, на меньших высотах, в степи с малой расчленённостью и меньшим перепадом высот. Это позволило сделать предположение, что эти гнёзда принадлежат парам, имеющим иные стереотипы гнездования, и вновь колонизирующим территорию, некогда освобождённую от степных орлов. Однако канонический анализ всего пула гнёзд по 15 параметрам их размещения не показал различий между старыми и активными гнёздами для всей исследуемой территории (рис. 16). Следовательно, можно предполагать, что активные гнёзда принадлежат орлам из этой же популяции, но, возможно, из других, более продуктивных гнездовых группировок.

В Центральном Казахстане остаётся необследованной обширная территория в северо-восточной части Карагандинской области. Она достаточно перспективна для степного орла и по средним показателям плотности распределения гнёзд на изученных территориях, аналогичных по своим ландшафтным характеристикам, для неё оценена численность в 2000 гнездящихся пар. В ближайшие годы эту территорию желательно обследовать, чтобы выяснить, является ли она основным резерватом вида в Центральном Казахстане.

Выводы

1. Численность степного орла в Карагандинской области по состоянию на 2017 г. оценивается в 4794–5814 пар, в среднем 5275 гнездящихся пар и 2183–2647, в среднем 2402 успешных пар.



Добыча степных орлов – птенцы розового скворца (*Sturnus roseus*). Фото И. Карякина.

Nestlings of the Rosy Starling (*Sturnus roseus*) are prey of the Steppe Eagles. Photo by I. Karyakin.

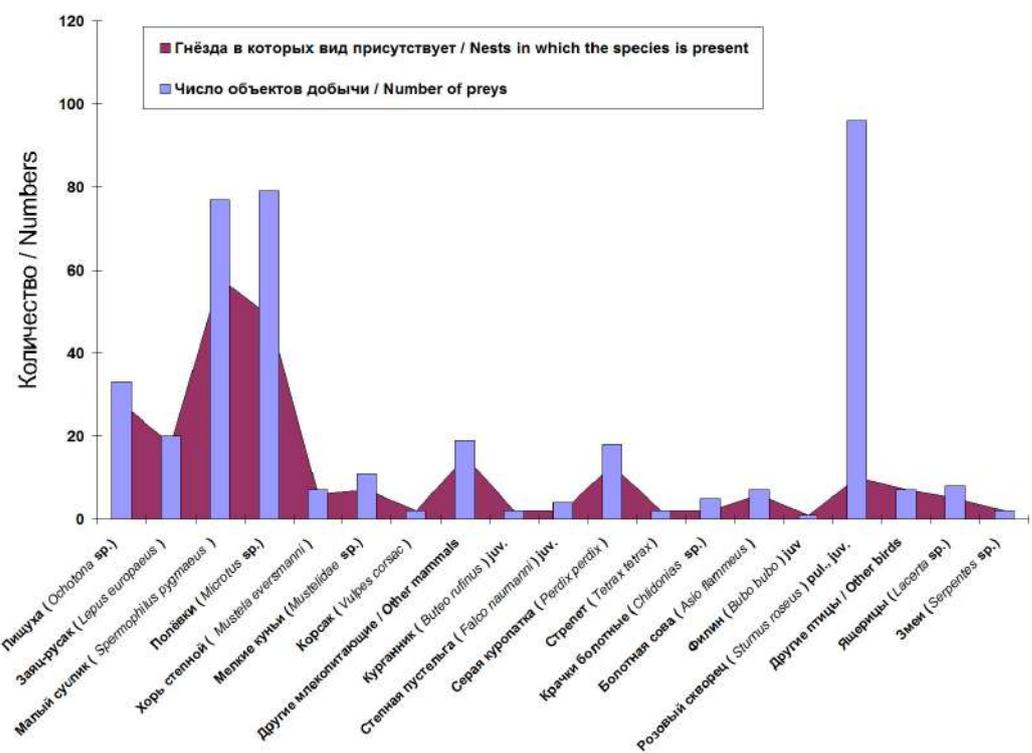
Табл. 8. Питание степного орла в Карагандинской области в 2017 г.

Table 8. Diet of the Steppe Eagle in the Karaganda region in 2017.

Питание	Гнёзда, в которых вид присутствует Nests in which the species is present		Число объектов добычи Number of preys	
	Доля, % Share, %	Доля, % Share, %	Доля, % Share, %	Доля, % Share, %
Пищуха (<i>Ochotona</i> sp.)	28	28.28	33	8.25
Заяц-русак (<i>Lepus europaeus</i>)	18	18.18	20	5.00
Малый суслик (<i>Spermophilus pygmaeus</i>)	58	58.59	77	19.25
Полёвки (<i>Microtus</i> sp.)	49	49.49	79	19.75
Хорь степной (<i>Mustela eversmanni</i>)	6	6.06	7	1.75
Мелкие куньи (<i>Mustelidae</i> sp.)	7	7.07	11	2.75
Корсак (<i>Vulpes corsac</i>)	2	2.02	2	0.50
Другие млекопитающие / Other mammals	15	15.15	19	4.75
Млекопитающие всего / Mammals total	96	96.97	248	62.00
Курганник (<i>Buteo rufinus</i>) juv.	2	2.02	2	0.50
Степная пустельга (<i>Falco naumanni</i>) juv.	2	2.02	4	1.00
Серая куропатка (<i>Perdix perdix</i>)	13	13.13	18	4.50
Стрепет (<i>Tetrax tetrax</i>)	2	2.02	2	0.50
Крочки болотные (<i>Chlidonias</i> sp.)	2	2.02	5	1.25
Болотная сова (<i>Asio flammeus</i>)	6	6.06	7	1.75
Филин (<i>Bubo bubo</i>) juv.	1	1.01	1	0.25
Розовый скворец (<i>Sturnus roseus</i>) pul., juv.	10	10.10	96	24.00
Другие птицы / Other birds	7	7.07	7	1.75
Птицы всего / Birds total	44	44.44	142	35.50
Ящерицы (<i>Lacerta</i> sp.)	5	5.05	8	2.00
Змеи (<i>Serpentes</i> sp.)	2	2.02	2	0.50
Рептилии всего / Reptiles total	7	7.07	10	2.50
ВСЕГО / TOTAL	99		400	100

Рис. 15. Питание степного орла в Карагандинской области в 2017 г.

Fig. 15. Diet of the Steppe Eagle in the Karaganda region in 2017.





Слёток степного орла. Фото И. Карякина.

Fledgling of the Steppe Eagle. Photo by I. Karyakin.

2. За 2007–2017 гг. численность степного орла в Карагандинской области снизилась примерно на 27,08 %, однако последние несколько лет наблюдается восстановление численности, о чём свидетельствует большое количество молодых птиц, абонирующих старые гнёзда. Если ситуация не изменится, то в ближайшие 2–4 года можно ожидать восстановление гнездования на 14,80 % участков.

3. Продуктивность выводков по исследованиям 2017 г. составила $1,45 \pm 0,56$ птенцов на успешный участок при плотности распределения успешных гнёзд в среднем $3,24/100 \text{ км}^2$, а успех размножения – $0,61 \pm 0,80$ птенцов на занятое гнездо при плотности распределения активных гнёзд в среднем $7,67/100 \text{ км}^2$.

4. Основные наблюдаемые на территории факторы низкого успеха размножения – низкая кормовая обеспеченность орлов, степные пожары в гнездовой пери-

од, а также неясная причина, по которой наблюдается повышенный отход кладок. Кроме того, велика вероятность гибели птиц на ЛЭП, на кочёвках и миграциях.

Благодарности

Авторы благодарят Романа Голяшова за помощь в полевых исследованиях, АСБК и лично Веру Воронову и Сергея Складенко, за финансовую и организационную помощь в работе группы, ТНК «Казхром», за финансирование экспедиции.

Литература

Абылхасанов Т., Акимканова А., Белялов О., Грюнберг В., Исабеков А., Искаков Т., Катунцев А., Коваленко А., Козлов Д., Путилин А., Уразалиев Р., Шмыгалев С. Степной орёл *Aquila nipalensis* (Hodgson, 1833). – Birds.kz Птицы Казахстана. 2017. [Abylkhassanov T., Akimkanova A., Belyalov O., Grunberg V., Isabekov A., Isakov T., Katuntsev A., Kovalenko A., Kozlov D., Putilin A., Urazaliev R., Shmygalyov S. Steppe Eagle *Aquila nipalensis* (Hodgson, 1833). – Birds.kz Kazakhstan birdwatching community. 2017]. URL: <http://www.birds.kz/v2taxgal.php?s=103&l=ru&p=0> Дата обращения 19.10.2017.

Барашкова А., Белялов О., Коваленко А., Карякин И. Степной орёл (*Aquila nipalensis*). – Пернатые хищники Мира (Веб-ГИС «Фаунистика»). 2017. [Barashkova A., Belyalov O., Karyakin I. Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*). – Raptors of the World (Web-GIS “Faunistics”). 2017.]. URL: <http://raptors.wildlifemonitoring.ru> Дата обращения 19.10.2017.

Барашкова А. Степной орёл (*Aquila nipalensis*). – Пернатые хищники Мира (Веб-ГИС «Фаунистика»). 2017. [Barashkova A. Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*). – Raptors of the World (Web-GIS “Faunistics”). 2017.]. URL: <http://raptors.wildlifemonitoring.ru> Дата обращения 19.10.2017.

Бекбаев Е.З., Шаймуханбетов О. Экспедиция по проекту «Тонкоклювый кроншнеп»: Акмолинская, Карагандинская, Кустанайская

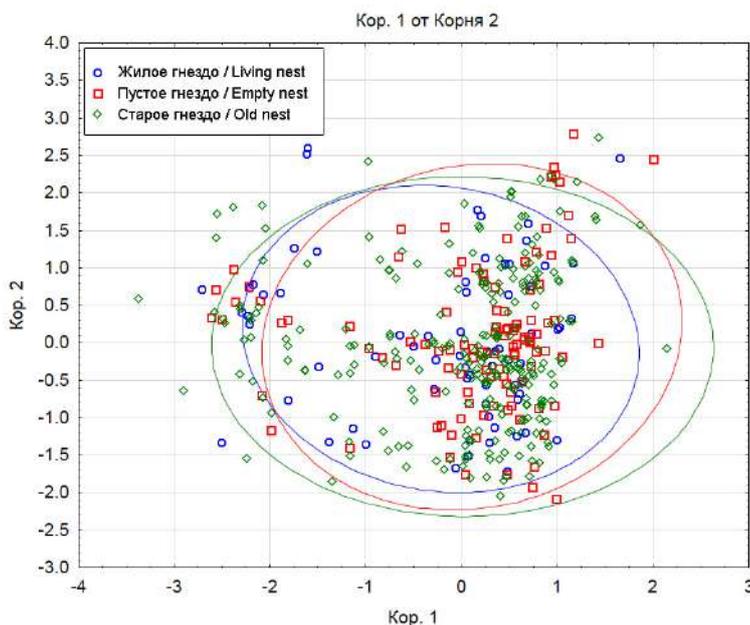


Рис. 16. Распределение канонических значений для разделения выборки гнёзд степного орла (n=443) на 3 группы согласно их статусу.

Fig. 16. Scatterplot for canonical scores of Steppe Eagle nests (n=443) divided on 3 groups by their status.

- и Актюбинская области. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2004. Алматы, 2005. С. 41–43. [Bekbaev E.Z., Shaimukhanbetov O. Expedition on the project “Slender-billed Curlew”: Akmola, Karaganda, Kustanai and Aktobe regions. – Kazakhstan Ornithological Newsletter 2004. Almaty, 2005: 41–43 (in Russian).]. URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/10171> Дата обращения 19.10.2017.
- Белялов О.В. Птицы Карагандинской области. – Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии. Выпуск 2. 2013. С. 64–123. [Belyalov O.V. Birds of the Karaganda region. – Ornithological messenger of Kazakhstan and Central Asia. Vol. 2. 2013: 64–123 (in Russian).]. URL: <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2017/07/Belyalov2013.pdf> Дата обращения 19.10.2017.
- Березовиков Н.Н., Ерохов С.Н. Орнитологические наблюдения в Нурынском районе Карагандинской области. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы, 2004. С. 61–62. [Berezovikov N.N., Erokhov S.N. Ornithological observations in the Nurinsky district of the Karaganda region. – Kazakhstan Ornithological Newsletter 2003. Almaty, 2004: 61–62 (in Russian).]. URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/10171> Дата обращения 19.10.2017.
- Букетов М.Е. Озеро Тассуат. Озёра Култандор и Татысор. Гидроузел № 10 канала Иртыш-Караганда. Озеро Карасор. – Ключевые орнитологические территории Казахстана. Алматы, 2008. С. 171–174, 213–214, 217–218. [Buketov M.E. Lake Tassuat. Lakes Kultansor and Tatzor. Hydraulic unit No. 10 of the Irtysh-Karaganda Canal. Lake Karasor. – Important Bird Areas of Kazakhstan. Almaty, 2008: 171–174, 213–214, 217–218 (in Russian).].
- Воронов А.Г., Кучерук В.В. Биотическое разнообразие Палеарктики: проблемы изучения и охраны. – Биосферные заповедники: Труды I советско-американского симпозиума, СССР, 5–17 мая 1976 г. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 7–20. [Voronov A.G., Kucheruk V.V. Biotic diversity of the Palearctic: problems of study and protection. – Biosphere Reserves: Proceedings of the First Soviet-American Symposium, USSR, May 5–17, 1976. Leningrad, 1977: 7–20 (in Russian).].
- Воронова В.В., Пуликова Г.И., Ким К.К., Андреева Е.В., Беккер В.Р., Айтбаев Т. Влияние различных типов линий электропередачи на гибель птиц в Центральном Казахстане. – Пернатые хищники и их охрана. 2012. № 24. С. 52–60. [Voronova V.V., Pullikova G.I., Kim K.K., Andreeva E.V., Bekker V.R., Aitbaev T. The Impact of Power Lines on Bird Mortality in Central Kazakhstan. – Raptors Conservation. 2012. 24: 52–60.]. URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/12306> Дата обращения 19.10.2017.
- Долгушин И.А. Материалы по фауне птиц Северного Прибалхашья и Казахского нагорья. – Известия АН КазССР. № 36, серия зоол. 1947. № 6. С. 69–99. [Dolgushin I.A. Materials on the fauna of birds of the Northern Balkhash and Kazakh highlands. – Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. № 36, zoological series. 1947. 6: 69–99 (in Russian).].
- Калмыков Д.Е., Оборина Е.В., Нуриева В.И., Пуликова Г.И., Сеняк Е.Н. Результаты исследований по изучению современного состояния редких видов флоры и фауны, экологических условий их местообитаний и разработке мероприятий по их охране в границах проектной площади ТОО «Dala Mining» (Дала Майнинг) в Карагандинской области. Караганда, 2014. 123 с. [Kalmykov D.E., Oborina E.V., Nurieva V.I., Pullikova G.I., Senyak Ye.N. The results of research on the current state of rare species of flora and fauna, ecological conditions of their habitats and the development of measures for their protection within the boundaries of the project area of Dala Mining LLP (Dala Mining) in the Karaganda region. Karaganda, 2014: 1–123 (in Russian).].
- Карякин И.В. Пернатые хищники (методические рекомендации по изучению соколообразных и совообразных). Нижний Новгород: Издательство «Поволжье», 2004. 351 с. [Karyakin I.V. Raptors (manuals on surveys of birds of prey and owls). Nizhniy Novgorod: Publishing House “Povolzhie”, 2004: 1–351 (in Russian).]. URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/11151> Дата обращения 19.10.2017.
- Карякин И.В. Улытау. Мелкосопочник Аяк-Бестау. Низкогорья Ортау. Среднее течение Сарысу. Низовья Сарысу. Западная кромка песков Каракойын и Жетиконыр. Ерейментау. – Ключевые орнитологические территории Казахстана. Алматы, 2008. С. 176–212. [Karyakin I.V. Ulytau. Ayak-Bestau Upland. Ortau Upland. The middle part of Sarysu river. Lower reaches of Sarysu river. The western edge of the sands of Karakoyin and Zhetikon. Erementau. – Important Bird Areas of Kazakhstan. Almaty, 2008: 176–212 (in Russian).].
- Карякин И.В. Методические рекомендации по организации мониторинга популяций степного орла в России и Казахстане. Новосибирск, 2012. 89 с. [Karyakin I.V. Manuals for organizing the monitoring of the Steppe Eagle populations in Russia and Kazakhstan. Novosibirsk, 2012: 1–89 (in Russian).]. URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/12822> Дата обращения 19.10.2017.
- Карякин И.В. Повышен глобальный природоохранный статус степного орла. – Пернатые хищники и их охрана. 2015. № 30. С. 21–30. [Karyakin I.V. The Steppe Eagle Global Conservation Status Was Raised. – Raptors Conservation. 2015. 30: 21–30.]. DOI: 10.19074/1814-8654-2015-30-21-30. URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/25956> Дата обращения 19.10.2017.
- Карякин И.В., Барабашин Т.О. Результаты российской экспедиции в Казахстан в 2005 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы, 2006а. С. 35–37. [Karyakin I.V., Barabashin T.O. Results of the Russian expedition to Kazakhstan in 2005. – Kazakhstan Ornithological Newsletter 2005. Almaty, 2006a: 35–37 (in Russian).]. URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/10171> Дата обращения 19.10.2017.

Карякин И.В., Барабашин Т.О. Хищные птицы и совы Улытау. – Пернатые хищники и их охрана 2006b. № 5. С. 37–49. [Karyakin I.V., Barabashin T.O. The birds of prey and owls of the Ulutau mountains. – Raptors Conservation. 2006b. 5: 37–49.]. URL: http://docs.sibecocenter.ru/programs/raptors/RC05/raptors_conservation_2006_5_pages_37_49.pdf Дата обращения 19.10.2017.

Карякин И.В., Зиневич Л.С., Шепетов Д.М., Сорокина С.Ю. Популяционная структура ареала степного орла и предварительные данные по генетическому разнообразию его популяций и статусу подвидов. – Пернатые хищники и их охрана. 2016. № 32. С. 67–88. [Karyakin I.V., Zinevich L.S., Schepetov D.M., Sorokina S.Yu. Population Structure of the Steppe Eagle Range and Preliminary Data on the Population Genetic Diversity and Status of Subspecies. – Raptors Conservation. 2016. 32: 67–88.]. DOI: 10.19074/1814-8654-2016-32-67-88 URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/26941> Дата обращения 19.10.2017.

Карякин И.В., Коваленко А.В., Барабашин Т.О., Корепов М.В. Крупные хищные птицы бассейна Сарысу. – Пернатые хищники и их охрана 2008. № 13. С. 48–87. [Karyakin I.V., Kovalenko A.V., Barabashin T.O., Korepov M.V. The Large Birds of Prey of the Sarysu River Basin. – Raptors Conservation. 2009. 13: 48–87.]. URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/24919> Дата обращения 19.10.2017.

Карякин И.В., Коваленко А.В., Барашкова А.Н. Мониторинг гнездовых группировок степного орла в трансграничной зоне России и Казахстана в 2012 году. — Пернатые хищники и их охрана. 2013. № 26. С. 61–83. [Karyakin I.V., Kovalenko A.V., Barashkova A.N. Monitoring of the Steppe Eagle Populations in the Trans-Border Zone of Russia and Kazakhstan in 2012. – Raptors Conservation. 2013. 26: 61–83.]. URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/19591> Дата обращения 19.10.2017.

Карякин И.В., Лапшин Р.Д., Шестакова А.А. ArcView GIS для экологов. Инструктивно-методическое пособие. Н. Новгород. 2009. 543 с. [Karyakin I.V., Lapshin R.D., Shestakova A.A. ArcView GIS for ecologists. Instructional handbook. N. Novgorod, 2009: 1–543. (in Russian)]. URL: <http://rrcn.ru/ru/arcview-gis-dlya-ekologov> Дата обращения 19.10.2017.

Ковшарь А.Ф., Левин А.С., Белялов О.В. Краткое сообщение о степном орле. – Редкие животные Казахстана. Алма-Ата, 1986. С. 129. [Kovshar A.F., Levin A.S., Belyalov O.V. A short message about the Steppe Eagle. – Rare animals of Kazakhstan. Alma-Ata, 1986: 129.].

Ковшарь А.Ф., Левин А.С. Белялов О.В. Птицы пустыни Бетпак-Дала. – Труды Института зоологии, т. 48. Орнитология. Алматы, 2004. С. 85–125. [Kovshar A.F., Levin A.S. Belyalov O.V. Birds of the Betpak-Dala desert. – Proceedings of the Institute of Zoology. Vol. 48. Ornithology. Almaty, 2004: 85–125.].

Корелов М.Н. Отряд хищные птицы. – Птицы Казахстана. Т. 2. Алма-Ата, 1962. С. 488–707. [Korelov M.N. Birds of prey. – Birds of Kazakhstan. Vol. 2. Alma-Ata, 1962: 488–707 (in Russian).].

Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. Л.: Наука, 1991. 146 с. [Lavrenko E.M., Karamysheva Z.V., Nikulina R.I. The steppes of Eurasia. Leningrad, 1991: 1–146 (in Russian).]. URL: <http://savesteppe.org/ru/archives/6349> Дата обращения 19.10.2017.

Ленхольд В.А., Гаврилов Э.И. Сроки пролета птиц в Караганде и ее окрестностях. – Миграции птиц в Азии. Ташкент, 1978. С. 90–97. [Lenhold V.A., Gavrilov E.I. Time of flight of birds in Karaganda and its environs. – Migrations of birds in Asia. Tashkent, 1978: 90–97 (in Russian).].

Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы. Алматы, 2010. 150 с. [National atlas of the Republic of Kazakhstan. Vol. 1: Natural conditions and resources. Almaty, 2010: 1–150 (in Russian).].

Николаев В.А. Ландшафты азиатских степей. М.: Изд-во МГУ, 1999. 288 с. [Nikolaev V.A. Landscapes of the Asian steppes. Moscow, 1999: 1–288 (in Russian).].

Равкин Ю.С., Богомолова И.Н., Николаева О.Н., Железнова Т.К. Районирование Северной Евразии по фауне наземных позвоночных и классификация их по сходству распространения. – Сибирский экологический журнал. 2014. Т. 21, № 2. С. 163–181. URL: <http://biodat.ru/db/areal/areal-publ-03.pdf> [Translated version: Ravkin Y.S., Bogomolova I.N., Nikolaeva O.N., Zheleznova T.K. Zoning Northern Eurasia based on the fauna of terrestrial vertebrates and their classification by similarity of distribution. – Contemporary Problems of Ecology. 2014. 7(2): 137–150. DOI: 10.1134/S1995425514020127 URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/4%2FS1995425514020127>]. Дата обращения 19.10.2017.

Республика Казахстан. Том. 1: Природные условия и ресурсы. Алматы, 2006. 506 с. [The Republic of Kazakhstan. Vol. 1: Natural conditions and resources. Almaty, 2006: 1–506.].

Шаймуханбетов О.К., Букетов М.Е., Скляренко С.Л. Озёра Ашиколь и Баракколь. – Ключевые орнитологические территории Казахстана. Алматы, 2008а. С. 174–175. [Shaimukhanbetov O.K., Buketov M.E., Sklyarenko S.L. Lake Ashchikol and Barakkol. – Important Bird Areas of Kazakhstan. Almaty, 2008a: 174–175 (in Russian).].

Шаймуханбетов О.К., Масур Д., Севке К. Гидроузел № 9 канала Иртыш-Караганда. Озеро Саумалколь. – Ключевые орнитологические территории Казахстана. Алматы, 2008b. С. 214–216. [Shaimukhanbetov O.K., Masur D., Sevke K. Hydraulic unit No. 9 of the Irtysh-Karaganda Canal. Lake Saumalkol. – Important Bird Areas of Kazakhstan. Almaty, 2008b: 214–216 (in Russian).].

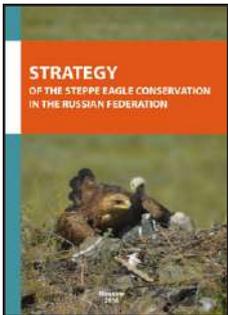
GBIF.org (19th October 2017). *Aquila nipalensis* Hodgson, 1833. – GBIF Occurrence. 2017. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.vak4wa> Дата обращения 19.10.2017.

New Publications and Videos

НОВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ И ФИЛЬМЫ

Books

КНИГИ



(5) Контакт

Игорь Карякин
 Центр полевых исследований
 603109, Россия,
 Нижний Новгород,
 ул. Нижегородская, 3-29
 тел.: +7 831 433 38 47
 ikar_research@mail.ru

(5) Contact:

Igor Karyakin
 Center of Field Studies
 Nizhegorodskaya str.,
 3-29
 Nizhniy Novgorod,
 Russia, 603109
 tel.: +7 831 433 38 47
 ikar_research@mail.ru

В конце 2016 г. опубликована **Стратегия сохранения степного орла в Российской Федерации / Карякин И.В., Коваленко А.В., Барашкова А.Н., Смелянский И.Э., Николенко Э.Г. Москва, 2016. 46 с. ISBN 978-5-9908314-1-4.** Настоящая стратегия базируется на Стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в Российской Федерации на период до 2030 года, утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.02.2014 г. № 212-р.

Стратегия ориентирована на выработку долговременной системы основополагающих принципов и способов сохранения степного орла (*Aquila nipalensis*) и учитывает процессы, протекающие в степных экосистемах под воздействием климатических изменений и антропогенных факторов.

Структура стратегии соответствует требованиям Минприроды России к таким документам и включает следующие основные разделы:

- Характеристика вида: русское, английское и латинское названия; таксономический статус.
- Распространение степного орла: гнездовой ареал и его динамика; места зимовок, пути миграций и область кочевков.
- Численность степного орла.
- Особенности биологии и предпосылки сохранения степного орла (особенности биологии и воспроизводства, местообитания, особенности гнездования и питания).
- Лимитирующие факторы: прямые факторы воздействия (гибель на ЛЭП, браконьерство, гибель от отравления, уничтожение жилых гнезд, фактор беспокойства и пр.); косвенные факторы воздействия.
- Состояние охраны степного орла: правовые основы охраны (основные международные природоохранные конвенции и соглашения, национальное законодательство Российской Федерации); территориальная охрана).
- Рекомендуемые первоочередные меры по сохранению степного орла в России:

Strategy of the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*) conservation in the Russia was published in 2016: **Karyakin I.V., Kovalenko A.V., Barashkova A.N., Smelansky I.E., Nikolenko E.G. Strategy of the Steppe Eagle conservation in the Russian Federation. Moscow, 2016. 43 p. ISBN 978-5-9908314-2-1.** This strategy for the Steppe Eagle conservation in the Russian Federation is based on the Strategy for the conservation of rare and endangered species of animals, plants and fungi in the Russian Federation for the period until 2030, approved by Russia Federation Government on 17.02.2014 (order No. 212-p).

The Strategy is aimed at developing a long-term system of fundamental principles and methods for the species' conservation and takes into account the ecological processes in steppe ecosystems occurring under the impact of climate change and humans.

The structure of the Strategy meets the requirements of the Ministry of Natural Resources and Environment of Russian Federation and includes the following sections:

- Species characteristics: Russian. English and Latin names; taxonomical statuses.
- Distribution of Steppe Eagle: breeding area and its dynamic; wintering sites, long-distance migration routes and areas of nomadic movements.
- Population number of Steppe Eagle.
- Ecological features and prerequisites for Steppe Eagle conservation (biological features, reproductive and nesting features, habitat, diet).
- Limiting factors: direct (death on power lines, poaching, poisoning, nest devastating, disturbing on breeding sites, death on highways and others) and undirect factors.
- Conservation status: legal basis (international conventions and agreements, national legislation of Russian Federation including Red Book of RF and its regions); habitat protection including expansion of strictly protected areas and optimization of protection mode.

мероприятия, направленные на снижение избыточной смертности степного орла (птицезащитные мероприятия на ЛЭП, защита гнездовий, в том числе от пожаров и беспокойства пастухами и скотом, установка искусственных гнездовий, поддержка популяций видов-жертв); развитие международного сотрудничества (участие в многосторонних соглашениях и международных процессах, двустороннее сотрудничество с Монголией и Казахстаном для защиты трансграничных популяций); совершенствование нормативной правовой базы и ООПТ; повышение эффективности охраны степного орла вне ООПТ федерального значения; научные исследования; мониторинг состояния популяций; просветительская и образовательная деятельность.

- Финансовое обеспечение.

Стратегия сохранения степного орла в Российской Федерации разработана рабочей группой в составе: И.В. Карякин (председатель рабочей группы), А.В. Коваленко, А.Н. Барашкова, И.Э. Смелянский, Э.Г. Николенко. При подготовке Стратегии учтены рекомендации и предложения, которые предоставили О.А. Горошко, Р.А. Меджидов, М.В. Пестов, В.Н. Пименов, А.В. Салтыков.

Проект Стратегии одобрен участниками международной научно-практической конференции «Орлы Палеарктики: изучение и охрана» (Елабуга, Республика Татарстан, Россия, 20–22 сентября 2013 г.)¹⁵⁵ и Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Стратегия сохранения степного орла в Российской Федерации опубликована на русском и английском языках.

В качестве приложения к стратегии опубликованы Планы действий по сохранению степного орла в трёх пилотных регионах Степного проекта ПРООН/ГЭФ/МГП – в Калмыкии, Оренбургской области и Забайкальском крае.

Стратегия и Планы действий в формате PDF доступны на сайте Российской сети изучения и охраны пернатых хищников¹⁵⁷ и сайте Степного проекта ПРООН/ГЭФ/МГП¹⁵⁸.

Контакт (5).

- Primary conservation efforts required for protection of Steppe Eagle in Russia: activities to decrease mortality rate (equipping power lines with bird-protected devices, protecting of breeding sites from wild fires and from disturbing by cattle and shepherds, establishing of artificial breeding sites and supporting of populations of prey-species); development of international collaboration (participating in international agreements and processes, cooperating with Kazakhstan and Mongolia to provide protection transboundary population); optimization of regulatory framework and strictly protected area system; increasing of efficiency of Steppe Eagle protection outside the strictly protected areas; scientific research; population monitoring; ecological educational activities.

- Financial support.

The strategy was developed by the Working Group consisting of I.V. Karyakin (Chairman of the Working Group), A.V. Kovalenko, A.N. Barashkova, I.E. Smelansky, E.G. Nikolenko. Preparing the Strategy the recommendations and proposals provided by O.A. Goroshko, R.A. Medzidov, M.V. Pestov, V.N. Pimenov, A.V. Saltykov were taken into account.

The Draft Strategy was approved by the participants of the international scientific-practical conference “The Eagles of the Palearctic: study and conservation” (Yelabuga, Republic of Tatarstan, Russia, September 20–22, 2013)¹⁵⁶ and of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation.

Strategy of the Steppe Eagle conservation in the Russian Federation is published in Russian and English.

Action plans for the conservation of the steppe eagle in the three pilot regions of the UNDP/GEF/MNR Steppe Project (Republic of Kalmykia, Orenburg region and the Trans-Baikal (Zabaikalskiy) Krai) have been published as an annex to the Strategy.

The Strategy (in English) in PDF is available on the web-sites of the RRRCN¹⁵⁹ and UNDP/GEF/MNR Steppe Project¹⁶⁰.

Contact (5).



¹⁵⁵ <http://rrrcn.ru/ru/archives/20500>

¹⁵⁷ <https://rrrcn.ru/archives/29623>

¹⁵⁸ <https://savesteppe.org/project/ru/archives/5827>

¹⁵⁶ <http://rrrcn.ru/en/archives/20500>

¹⁵⁹ <https://rrrcn.ru/en/archives/29623>

¹⁶⁰ <https://savesteppe.org/project/en/archives/5827>

Содержание

События	3
Обзоры и комментарии.....	16
Международная конференция «Орлан-белохвост 2017. Бекмансуров Р.Х.....	16
Результаты работы Центра кольцевания хищных птиц Российской сети изучения и охраны пернатых хищников в 2016 году. Бекмансуров Р.Х., Карякин И.В., Бабушкин М.В., Левашкин А.П., Пчелинцев В.Г.....	26
Возвраты колец от степных орлов и орлов-могильников из гнездовых популяций России и Казахстана и обзор основных угроз орлам в Ираке. Аль-Шейхли О.Ф., Аль-Баразанги А.Н., Хаба М.К., Фазаа Н.А., Абдул-захра Х.К., Тураб М.К.А., Аль-Азави А.Дж.....	51
Охрана пернатых хищников	62
Позиция Российской сети изучения и охраны пернатых хищников по вопросу сохранения биоразнообразия на лесных КОТР в ходе лесохозяйственной деятельности	62
Опыт создания охранных зон вокруг гнезда хищных птиц и чёрного аиста в Украине. Витер С.Г.....	68
Параметры особо защитных участков леса для хищных птиц – какими они должны быть, чтобы обеспечить сохранение гнездовых участков? Карякин И.В., Николенко Э.Г., Бака С.В.....	74
Первые результаты проекта по восстановлению генетического разнообразия популяций балобана в Алтае-Саянском регионе, Россия. Карякин И.В., Зиневич Л.С., Рожкова Д.Н., Николенко Э.Г., Шнайдер Е.П., Сарычев Е.И., Бёме И.Р.....	176
Методы исследований.....	194
Возможно ли морфометрическое определение пола птенцов степных орлов из западных и восточных популяций вида? Карякин И.В., Зиневич Л.С., Шнайдер Е.П.....	194
Изучение пернатых хищников	219
Степной орёл в Карагандинской области, Казахстан. Карякин И.В., Николенко Э.Г., Зиневич Л.С., Пуликова Г.И.....	219
Гнездовая биология чёрного грифа в Тянь-Шане, Китай. Роллер МаМинг, Сюй Лю, Шучао Ван, Даонинг Ву....	252
Краткие сообщения	260
Первый факт гнездования сапсана на дереве в Сибири, Россия. Андреенков О.В., Андрееenkova Н.Г., Жимулёв И.Ф., Фон Эйлер Ф.....	260
Первая находка гнезда орла-могильника на опоре высоковольтной ЛЭП в Республике Алтай, Россия. Николенко Э.Г., Ракин Е.М., Алексеенко М.Н., Маслов А.А.....	265
Новые публикации и фильмы.....	271

Contents

Events	3
Reviews and Comments.....	16
International International Conference “White-Tailed Sea Eagle 2017”	16
Results of Work of the Raptor Ringing Center of the Russian Raptor Research and Conservation Network in 2016. Bekmansurov R.H., Karyakin I.V., Babushkin M.V., Levashkin A.P., Pchelintsev V.G.....	26
Ring Recoveries from Steppe Eagles and Eastern Imperial Eagles from the Russian and Kazakhstan Breeding Populations and a Review of Major Threats to Eagles in Iraq. Omar F. Al-Sheikhly, Ali N. Al-Barazangi, Mukhtar K. Haba, Nadheer A. Fazaa, Husham K. Abdulzahra, Mufid Kassim Abou Turab, Ahmad J. Al-Azawi	51
Raptor Conservation.....	62
Stand of the Russian Raptor Research and Conservation Network on the Issue of Biodiversity Conservation in Forest IBAs in the Course of Forestry Activity	62
The Experience in Creating Protected Zones Around Nests of Birds of Prey and Black Stork in Ukraine. Viter S.G.....	68
Size of Specially Protected Forest Sites for Raptors: What Size of These Sites Should be for Protect the Raptor’s Breeding Territories? Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Bakka S.V.....	74
The First Results of the Project on Restoration of Genetic Diversity of the Saker Falcon Populations in the Altai-Sayan Region, Russia. Karyakin I.V., Zinevich L.S., Rozhkova D.N., Nikolenko E.G., Shnayder E.P., Sarychev E.I., Beme I.R.	176
Techniques and Methods.....	194
A Possibility of Morphometrical Determining of Sex of Steppe Eagle Nestlings from Western and Eastern Populations? Karyakin I.V., Zinevich L.S., Shnayder E.P.....	194
Raptor Research	219
Steppe Eagle in the Karaganda Region, Kazakhstan. Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Zinevich L.S., Pulikova G.I.	219
Breeding Ecology of Cinereous Vulture in Tien-Shan Mountains, China. Roller MaMing, Xu Liu, Shuchao Wang, Daoning Wu	252
Short Reports.....	260
The First Record of the Peregrine Falcon Nesting on a Tree, Russia. Andreenkov O.V., Andreenkova N.G., Zhimulev I.F., Von Euler F.	260
The First Find of the Imperial Eagle’s Nest at the Pole of High-Voltage Power Transmission Line in the Republic of Altai, Russia. Nikolenko E.G., Rakin E.M., Alekseenko M.N., Maslov A.A.....	265
New Publications and Videos	271

Карякин И.В., Николенко Э.Г., Зиневич Л.С., Пуликова Г.И.
Степной орёл в Центральном Казахстане. Стр. 219–251.

Статья по результатам исследования центрально-казахстанской популяции степного орла (*Aquila nipalensis*) в июне-июле 2017 г. в рамках совместного проекта Российской сети изучения и охраны пернатых хищников и АСБК.

Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Zinevich L.S., Pulikova G.I.
Steppe Eagle in the Central Kazakhstan. Pp. 219–251.

The article is based on the results of a study of the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*) population in the Central Kazakhstan in June-July 2017 in the framework of a joint project of the Russian Raptor Research and Conservation Network and Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan.

