

Raptor Research

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРНАТЫХ ХИЩНИКОВ

Egyptian Vulture in the Karatau Mountains and Adjacent Territories, Kazakhstan

СТЕРВЯТНИК В ГОРАХ КАРАТАУ И НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ, КАЗАХСТАН

Karyakin I.V., Knizhov K.I., Nikolenko E.G., Shiryaev O.V. (Russian Raptor Research and Conservation Network, Sibecocenter LLC, Novosibirsk, Russia)

Pulikova G.I. (Biodiversity Research and Conservation Center Community Trust, Astana, Kazakhstan)

Kaptyonkina A.G. (Biodiversity Research and Conservation Center Community Trust, Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan)

Карякин И.В., Книжов К.И., Николенко Э.Г., Ширяев О.В. (Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников, ООО «Сибирский экологический центр», Новосибирск, Россия)

Пуликова Г.И. (Общественный фонд «Центр изучения и сохранения биоразнообразия», Астана, Казахстан)

Каптёнкина А.Г. (Общественный фонд «Центр изучения и сохранения биоразнообразия», Институт зоологии Министерства образования и науки РК, Алматы, Казахстан)

Контакт:

Игорь Карякин
ООО «Сибэкоцентр»
630090 Россия
Новосибирск, а/я 547
тел.: +7 923 154 32 95
ikar_research@mail.ru

Эльвира Николенко
тел.: +7 923 150 12 79
elvira_nikolenko@mail.ru

Кирил Книжов
тел.: +7 777 084 22 83
kirillknizhov@gmail.com

Олег Ширяев
тел.: +7 996 380 08 89
iglego2@gmail.com

Генриетта Пуликова
Общественный фонд
«Центр изучения и
сохранения биоразно-
образия»
Z05H9B0, Казахстан
Астана,
ул. Кунаева 12/1
офис 420
тел.: +7 702 768 40 00
genriyetta.pulikova@
gmail.com

Резюме

Стервятник (*Neophron percnopterus*) является угрожаемым видом в глобальном масштабе и находится в Казахстане на самой северной границе своего гнездового ареала, фрагментированного на три крупных анклава. Одним из таких анклавов является хребет Каратау. Ранее предполагалось, что в Каратау гнездится небольшое количество стервятников, однако исследования 2010 г. показали ошибочность этих представлений. В 2022 г. Каратау был обследован более детально на предмет выявления стервятников. По результатам исследований 2010 г. и 2022 г. мы смоделировали распространение стервятника в Google Earth Engine используя метод классификации изображений Random Forest (вероятность + регрессия) и рассчитали его возможную численность в Каратау несколькими методами, включая Distance Sampling. Площадь гнездопригодных биотопов стервятника определена в 10 378,85 км², площадь местообитаний – 34 576,8 км². Численность стервятника в Каратау по состоянию на 2022 г. оценена в 171–298, в среднем 278 гнездящихся пар, и 43–74, в среднем 69 успешных пар (известен 91 гнездовой участок). На основании полученных данных и анализа публикаций мы предполагаем стабильность каратауской популяции стервятника, несмотря на ухудшение качества местообитаний и сокращение успеха размножения этого вида в последние годы.

Ключевые слова: пернатые хищники, хищные птицы, стервятник, *Neophron percnopterus*, моделирование распространения видов, Random Forest, Google Earth Engine, Distance Sampling, Каратау, Казахстан.

Поступила в редакцию: 25.11.2022 г. **Принята к публикации:** 01.12.2022 г.

Abstract

Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) is a globally threatened species. The northernmost limit of its breeding range is located in Kazakhstan and is fragmented into three large enclaves. The Karatau range is one such enclave. It was previously assumed that a small number of Egyptian Vultures nested here; however, research showed the fallacy of such ideas in 2010. In 2022, Karatau was surveyed in more detail to detect Egyptian Vultures. Based on the results of studies in 2010 and 2022, we modeled Egyptian Vulture distribution in Google Earth Engine using the image classification method – Random Forest (probability + regression) and calculated its possible abundance in Karatau utilizing several methods, including Distance Sampling. The area of breeding biotopes of the Egyptian Vulture is determined at 10,378.85 km², the area of habitats – 34,576.8 km². The Egyptian Vulture population in Karatau for 2022 is estimated at 171–298 breeding pairs (average of 278 breeding pairs), and 43–74 successful pairs (average of 69 successful pairs) (91 breeding territories are known). Based on the obtained data and publications analysis, we assume that the Karatau Egyptian Vulture population is stable despite deterioration in habitat quality and reduction in breeding success of the species in recent years.

Keywords: raptors, birds of prey, Egyptian Vulture, *Neophron percnopterus*, species distribution models, SDM, Random Forest, Google Earth Engine, Distance Sampling, Karatau, Kazakhstan.

Received: 25/11/2022. **Accepted:** 01/12/2022.

DOI: 10.19074/1814-8654-2022-44-96-187

Алёна Каптёнкина
Институт зоологии
Министерства образова-
ния и науки РК
050060 Казахстан
Алматы,
пр. аль-Фараби 93
тел.: +7 702 57 32 478
alyonakaptyonkina@
gmail.com

Contact:

Igor Karyakin
LLC Sibecocenter
P.O. Box 547 Novosibirsk
Russia 630090
tel.: +7 923 154 32 95
ikar_research@mail.ru

Elvira Nikolenko
tel.: +7 923 150 12 79
elvira_nikolenko@mail.ru

Kirill Knizhov
tel.: +7 777 084 22 83
kirillknizhov@gmail.com

Oleg Shiriaev
tel.: +7 996 380 08 89
glego2@gmail.com

Genriyetta Pulikova
Biodiversity Research
and Conservation Center
Community Trust
Kunayev str., 12/1, 420
office, Astana, Kazakhstan
Z05H9B0
tel.: +7 702 768 40 00
genriyetta.pulikova@
gmail.com

Alyona Kaptyonkina
Institute of Zoology of the
Republic of Kazakhstan
al-Farabi Ave. 93, Almaty
Kazakhstan 050060
tel.: +7 702 57 32 478
alyonakaptyonkina@
gmail.com

Введение

Стервятник (*Neophron percnopterus*) является гнездящимся на территории Казахстана видом, относится к дальним мигрантам (Botha *et al.*, 2017). Его численность сокращается практически по всему ареалу, за исключением нескольких островных популяций на Ближнем Востоке, поэтому стервятник классифицируется МСОП как вид, находящийся под угрозой исчезновения в глобальном масштабе (Endangered), а его мировая популяция оценивается в 12,4–36,0 тыс. взрослых особей или 18,6–54,0 тыс. особей, включающих молодых птиц разных лет, в том числе сеголетков (BirdLife International, 2021). В Казахстане с 1978 г. этот вид внесён в Красную Книгу Республики как «редкий, встречающийся в небольшом количестве» (III категория) (Пфеффер, 2010).

Каратау включался в гнездовой ареал стервятника в Казахстане с самого начала орнитологических исследований (Дементьев, 1951; Долгушин, 1951). Его гнёзда были найдены даже севернее Каратау на чинках Акколя и Ашиколя (Кашкаров 1928), где вид продолжал гнездиться и в 80–90-х гг. XX столетия (Колбинцев, 1989; 2004b). М.Н. Корелов (1962; 2012) указывает на гнездование стервятника в Каратау в 50–60-х гг. XX столетия от самых западных отрогов – Актау и Кызылджара – до Боролдая, а также на Казгурте. При этом стервятник долгое время считался редким в Каратау (Шапошников, 1931; Корелов, 1962; Пфеффер, 2010; Гаврилов, 1999; Гаврилов, 2005; Ковшарь, 2019). Лишь для хр. Каржантау (Южно-Казахстанская область близ границы с Узбекистаном) имелось указание на многочисленность этого падальщика (Капитонов, 1969).

В западной части Таласского Алатау гнездование стервятника установлено в районе Аксу-Джабаглы. А.Ф. Ковшарь (1966) пишет, что до создания заповедника Аксу-Джабаглы стервятник был здесь многочислен и широко распространён на гнездовании как в горах, так и в каньонах предгорной степи; он был также здесь более многочислен и шире распространён, чем в 60-х гг. XX столетия, и после создания заповедника – в 30-х гг., в период работы Л.М. Шульпина. Но нам так и не удалось найти никаких свидетельств былой обычности стервятника на данной территории (см. Шевченко, 1948; Шульпин, 1953; 1956; 1961; 1965). Л.М. Шульпин упоминает о единственном гнезде стервятника в ущелье ручья, впадающего в Джаба-

Introduction

Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) (further EV) is a breeding species in Kazakhstan, and it is a distance migrant (Botha *et al.*, 2017). Its abundance is declining almost throughout its range, with the exception of a few population islands in the Middle East. Because of this, EV is classified as Endangered by the IUCN, and its world population is estimated at 12,400–36,000 adult individuals or 18,600–54,000 individual birds of different ages including yearling birds (BirdLife International, 2021). In Kazakhstan, the species has been included in the national Red Data Book since 1978 as “rare, found in small numbers” (III category) (Pfeffer, 2010).

Karatau was included in the EV's breeding range in Kazakhstan from the very beginning of ornithological research (Dementiev, 1951; Dolgushin, 1951). Its nests were even found to the north of Karatau on Akkol and Ashchikol chinks (Kashkarov, 1928) where the species continued to nest in the 1980s – 1990s (Kolbintsev, 1989; 2004b). M.N. Korelov (1962; 2012) wrote of EVs nesting in Karatau in 1950s–1960s, from the westernmost spurs, Aktau and Kyzylzhar, to Boroldai, as well as on Kazgurt. At the same time, the Vulture was considered rare in Karatau for a long time (Shaposhnikov, 1931; Korelov, 1962; Pfeffer, 2010; Gavrilo, 1999; Gavrilo, 2005; Kovshar, 2019). The only indication of EV abundance was noted on Karzhantau ridge (South Kazakhstan, near the border with Uzbekistan) (Kapitonov, 1969).

In the western part of Talas Alatau, EV nesting has been documented near Aksu-Zhabagly. A.F. Kovshar (1966) writes that before the creation of Aksu-Zhabagly Nature Reserve, EV were abundant here and widely nested both in mountains and in canyons of the foothill steppe. It was more numerous and widespread here in the 1930s (when Shulpin was active) than it was in the 1960s and after the creation of the nature reserve. Yet we were unable to find any evidence of the EV's former abundance in this area (see Shevchenko, 1948; Shulpin, 1953; 1956; 1961; 1965). L.M. Shulpin mentioned a sole EV nest in the gorge of a stream draining into Zhabagly River below Kishi-Kainda. However, A.F. Kovshar (1966) did not find breeding EV here and reports that in the 1960s EV nesting was only found in the Aksu River canyon in the State Reserve (two pairs). In the late 1970s and early 1980s, EV breeding was documented at several locations on the reserve's northern and western peripheries, mainly in Aksu canyon (Ivaschenko, 1991;

глы ниже Киши-Каинды, но А.Ф. Ковшарь (1966) здесь стервятника на гнездовании не нашёл и сообщает о том, что в 60-х гг. в заповеднике стервятник был найден на гнездовании только в каньоне р. Аксу в количестве 2-х пар. В конце 70-х – начале 80-х гг. XX столетия гнездование стервятника в нескольких точках было установлено на северной и западной периферии заповедника, преимущественно в каньоне Аксу (Ивашенко, 1991; Колбинцев, 2001). Причём по данным В.Г. Колбинцева (2001) в 1990 г. в заповеднике гнездились 2 пары, а в 2000 г. – 3 пары.

В 80-х гг. XX столетия в Казахстане предполагалось гнездование от нескольких десятков до нескольких сотен пар стервятников (Пфедффер, 2010 со ссылкой на мнение А.Ф. Ковшаря). С.Л. Складенко для конца 90-х XX столетия давал оценку численности стервятника в Казахстане в 100 пар (Sklyarenko, 2002). Позже В.Г. Колбинцев (2004b) опубликовал информацию о гнездовании 16 пар стервятников в Малом Каратау и на прилегающих территориях, А.С. Левин с соавторами (2011) озвучили сведения о находке 15 гнёзд этого вида в Каратау и Боралдае в 2010 г., которые лишь частично совпадали с найденными В.Г. Колбинцевым. Э.Дж. Шукуров с соавторами (2005) считали стервятника достаточно обычным по всему Западному Тянь-Шаню в нижнем и чаще среднем поясе гор. Авторы приводят карту гнездового ареала стервятника в Каратау, показывая разорванный ареал, один фрагмент которого охватывает всю северо-западную оконечность Большого Каратау, другой – Боралдай, заповедник Аксу-Джабаглы, Сайрам-Угамский нацпарк и достаточно большую территорию в прилегающих горных районах Киргизии и Узбекистана (Шукуров и др., 2005), но последнее является явно ошибкой, так как стервятник отсутствует на гнездовании в высокогорьях (Ковшарь, 2019: наши данные). При этом Б.М. Губин и Ф.Ф. Карпов (2000), изучая орнитофауну Малого Каратау в 1991–1993 гг., стервятника не встретили ни разу. С. Складенко и Т. Катцнер (2012) написали про стервятника со ссылкой на В.Г. Колбинцева (2004b), что этот вид «как и 50 лет назад, наиболее обычен в низкогорьях Западного Тянь-Шаня, особенно в Каратау», и оценили его численность для всего Каратау в 12–15 пар или 15% от общей численности вида в Казахстане (в 2 раза меньше, чем на Устюрте). Таким образом, неоднозначность оценок численности стервятника в Казахстане



Стервятник (*Neophron percnopterus*).
Фото И. Карякина.

Egyptian Vulture (Neophron percnopterus).
Photo by I. Karyakin.

Kolbintsev, 2001). Moreover, according to V.G. Kolbintsev (2001), two pairs nested in the Reserve in 1990 and three pairs – in 2000.

In the 1980s, several dozen to several hundred EV pairs were assumed to be nesting in Kazakhstan (Pfeffer, 2010 with reference to the opinion of A.F. Kovshar). S.L. Sklyarenko estimated the EV population in Kazakhstan at 100 pairs in the late 1990s (Sklyarenko, 2002). Later, V.G. Kolbintsev (2004b) published information on 16 pairs of EVs breeding in Maliy Karatau (further Lesser Karatau) and adjacent areas. In 2010, A.S. Levin *et al.* (2011) announced the discovery of 15 EV nests in Karatau and Boraldai, which only partially coincided with those found by V.G. Kolbintsev. E.J. Shukurov *et al.* (2005) considered the EV quite common throughout Western Tien Shan in the lower and, more often, the middle mountain belt. Cited authors provided an EV breeding range map for Karatau indicating fragmented habitat, one fragment of which covers the entire northwestern tip of Bolshoy Karatau (further Greater Karatau), the other – Boraldai, the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve, the Sairam-Ugam National Park, and a fairly large area in adjacent mountainous regions of Kyrgyzstan and Uzbekistan (Shukurov *et al.*, 2005). However, the latter is clearly a mistake since EV does not nest in highlands (Kovshar *et al.*, 2019; our data). At the same

и роли Каратау в гнездовом ареале этого вида сохранялись на протяжении как минимум полувека.

К 2021 г. в монографиях, сборниках статей, в электронных базах данных и на фотосайтах накопилась информация о более чем 100 регистрациях стервятника в Каратау и на прилегающих территориях.

На юго-западном склоне Каратау в долине р. Акуйик стервятник был встречен 2–3 мая 2014 г. (Ластухин, 2015). С северной стороны Большого (Сырдарьинского) Каратау стервятник встречался регулярно в мае – июне в 2007–2015 гг., чаще всего вдоль трасы Шолаккурган – Сузак, – птицы вылетали из ущелий Каратау кормиться на автотрассах сбитыми животными (Губин, 2018а). Гнёзда стервятников были найдены на выходе из ущелья Кенсай на западном склоне хребта и в скальном массиве Кенчектау – на восточном (Колбинцев, 2004б). В ущ. Курсай (за Кентау), рядом с колонией белоголовых сипов (*Gyps fulvus*), стервятники гнездились с 1993 по 2013 гг. (Губин, Белялов, 2017). С 1983 г. до 2003 г. отмечено регулярное гнездование в горах Малого Каратау в каньоне Карасай к северу от перевала Куюк (Колбинцев, 2004а), где птиц регулярно фотографировали Е.М. Белоусов и М.С. Нукусбеков (Губин, Белялов, 2017).

Больше всего наблюдений опубликовано для заповедника Аксу-Джабаглы, в предгорьях Таласского Алатау. Так, А.А. Ивашенко (1991) сообщает о наблюдениях за гнездом в 1980–1982 гг. в 10–12 км к северу от каньона р. Аксу. Повторно она наблюдала там же птиц 19 апреля 2008 г. (Ивашенко, 2008). Каждый год в гнездовой период 2002–2008 гг. птиц встречали в каньоне Аксу, а также в ущелье Талдыбулак и у с. Жабагылы (Чаликова, 2002; 2004; 2005а; 2006; 2007; 2008; 2009; Скляренко, Шмидт, 2008). В 2002 г. птиц также отмечали по долине р. Сильбили, в 2003 г. – в верховьях Ирсу, а 15 июня 2004 г. – в ущелье Кара-Алма (Чаликова, 2002; 2004; 2005а). В 2005 г. птицы были отмечены над хр. Джабагылтау, а также в ущельях Машат, Дарбаза и Боранчиасу. Однако в 2005 г. самое большое количество стервятников было зафиксировано в северной части Боролдайтау – 6 птиц (р. Бугунь, у с. Шукуршик, у с. Актас, в ур. Карабастау) – тут у с. Шукуршик известно место регулярного гнездования стервятников на скалах правобережья р. Кашкарата (Чаликова, 2006). Здесь же птицы были встречены и в начале осени (Чаликова, Колбинцев, 2005). В 2006 г. были повторные наблюдения – на

time, В.М. Губин and F.F. Karpov (2000), while studying the avifauna of Lesser Karatau in 1991–1993, never encountered EV. S. Sklyarenko and T. Katzner (2012) wrote about EV with reference to V.G. Kolbintsev (2004b), saying that the species is “as it was 50 years ago, most common in the low mountains of the Western Tien Shan, especially in Karatau”, and estimated the population for all of Karatau at 12–15 pairs or 15% of the total species population in Kazakhstan (2 times less than in Ustyurt). Thus, the ambiguity in EV population estimates in Kazakhstan and the role of Karatau in the breeding range of this species has persisted for at least half a century.

By 2021, monographs, article collections, electronic databases, and photo websites accumulated more than 100 registrations of EV in Karatau and adjacent territories.

EV was encountered on the southwestern slope of Karatau in the Akuyik River valley May 2–3, 2014 (Lastukhin, 2015). EV was observed regularly May–June in 2007–2015 on the northern side of Greater Karatau (around Syr Darya), most often along the Sholakkurgan-Suzak highway – birds flew out of Karatau gorges to feed on roadkill along the highways (Gubin, 2018а). EV nests were found at the exit of Kensai gorge on the ridge’s western slope and in the Kenchektau rock massif on the eastern slope (Kolbintsev, 2004b). EVs bred in Kursai gorge (beyond Kentaу), next to the Griffon Vulture (*Gyps fulvus*) colony from 1993 to 2013 (Gubin, Belyalov, 2017). Regular breeding has been recorded in Lesser Karatau in the Karasai canyon north of the Kuyuk pass (Kolbintsev, 2004а) between 1983 and 2003, where birds were regularly photographed by E.M. Belousov and M.S. Nukusbekov (Gubin, Belyalov, 2017).

The greatest number of observations were published for Aksu-Zhabagly State Nature Reserve in the foothills of Talas Alatau. A.A. Ivaschenko (1991) shares observations of nests in 1980–1982, 10–12 km north of the Aksu River canyon. She observed birds there again on April 19, 2008 (A.A. Ivaschenko, 2008). In 2002–2008 birds were encountered every year in Aksu canyon, as well as in the Taldybulak gorge and Zhabagly village during the nesting period (Chalikova, 2002; 2004; 2005а; 2006; 2007; 2008; 2009; Sklyarenko, Schmidt, 2008). In 2002, birds were also noted along the Silbili River valley; in 2003, in the upper reaches of the Irsu river; on 15 June 2004, in the Kara-Alma gorge (Chalikova, 2002; 2004; 2005а). In 2005, birds were noted

р. Кашкарата у с. Актас (Боролдайтау) и в ущ. Бураншиасу (Чаликова, 2007).

В районе Сайрам-Угамского национального парка в 2003 г. в Каржантау пары птиц были встречены в мае у с. Акпарат и в ущелье Карабаусай, по одной птице – на выровненном плато между с. Абай и с. Угам и над западным склоном ущелья Бадам, а также на Кызыкурте – в ур. Акбастау (Чаликова, 2004). Также стервятник неоднократно отмечался с 2002 г. по 2008 г. на Ирсу-Машатском участке, где было известно гнездование в ущ. Боранчи с 1980 г. (Ивашенко, 1982) по 1989 г., а также в верховьях р. Машат, где в 2003 г. было найдено гнездо, а в 2005 г. отмечались взрослые птицы. У с. Раевка одиночные птицы отмечались в гнездовой период 1984, 2005 и 2007 гг., в ур. Аршалы – в 2008 г. (Чаликова, 2008).

На хр. Казыгурт стервятник был встречен лишь однажды в мае 2005 г. в районе карьера Акбастау (Чаликова, 2005b), а в чинках Дарбаза две гнездящиеся пары наблюдались в 2017–2019 гг. (Губин, 2020). Б.М. Губин (2018b) упоминает также о стервятнике на хр. Бельтау, где в 2018 г. у двух пар были найдены жилые гнёзда.

В районе Мурункорак (левобережье Сырдарьи) стервятники гнездились ежегодно начиная с 2012 г. (Губин, 2020), возможно, и в 2010 г., когда в мае тут наблюдалась птица (Чаликова, 2010). Также взрослая птица была встречена в июне 1987 г. в ур. Баймахан (Губин, Склярено, 2014).

Такое обилие встреч требовало переоценки важности Каратау для стервятника в Казахстане.

Чтобы поставить точку в вопросе о важности Каратау в казахстанской части гнездового ареала стервятника, авторы настоящей статьи посетили Каратау в 2022 г., провели мониторинг ранее обнаруженных мест гнездования этого вида и обследовали дополнительные территории Малого, Большого Каратау и Боролдая с целью выявления новых гнездовых участков. По результатам этих исследований подготовлена данная статья.

Природные особенности исследуемой территории

Согласно физико-географическому районированию, рассматриваемая территория лежит в Каратауском районе Каратау-Таласского округа, Северо-Тяньшанской провинции, Тянь-Шанской области, Среднеазиатской горной страны (Милюков, 1977; Гвоздецкий, Михайлов, 1978).

В геоморфологическом отношении хребет Каратау слагается системой параллель-

above Zhabaglytau ridge, as well as in the gorges of Mashat, Darbaza, and Boranchiasu. However, in 2005, the largest number of EVs was recorded in the northern part of Boroldaitau – six birds (Bugun River, near the village of Shukyrshik, near the village of Aktas, on Karabastau road). Here, there is a well-known regular EV nesting place on the rocks of the right bank of Kashkarat River near the village of Shukyrshik (Chalikova, 2006). Birds were also encountered here in early autumn (Chalikova, Kolbintsev, 2005). In 2006, there were repeated observations on Kashkarat River near the village of Aktas (Boroldaitau) and in Buranshias gorge (Chalikova, 2007).

In the area of Sairam-Ugam National Park in Karzhantau, EV pairs were encountered in May 2003 near the village of Akparat and in Karabausai gorge, one bird each – on a level plateau between the villages of the Abai and Ugam and over the western slope of Badam gorge, as well as on Kyzykurt at Akbastau (Chalikova, 2004). Also, EV was repeatedly documented in the Irsu-Mashat area from 2002 to 2008, where nesting was known in Boranchi gorge from 1980 (Ivaschenko, 1982) to 1989, as well as in the upper reaches of the Mashat River, where a nest was found in 2003 and adult birds were observed in 2005. Near the village of Raevka, solitary birds were noted during nesting periods 1984, 2005, and 2007, and near Arshaly in 2008 (Chalikova, 2008).

On Kazygurt ridge, EV was only encountered once in May 2005 near Akbastau quarry (Chalikova, 2005b), and two breeding pairs were observed in chinks on Darbaza in 2017–2019 (Gubin, 2020). B.M. Gubin (2018b) also cites EV on Beltau ridge, where two pairs were found to have active nests in 2018.

Near Murunkorak (left bank of the Syr Darya) EVs breded annually since 2012 (Gubin, 2020), and possibly earlier, when a bird was observed here in May 2010 (Chalikova, 2010). Also, an adult bird was encountered in June 1987 at Baimahan (Gubin, Sklyarenko, 2014).

To put an end to the question of Karatau's importance for the EV's breeding range in Kazakhstan, the authors visited Karatau in 2022, monitored previously discovered breeding territories of the species, and surveyed additional areas of Lesser Karatau, Greater Karatau, and Boroldai in order to identify new breeding territories. This article was prepared based on the results of conducted studies.



Типичные местообитания стервятника на площадках: сверху и в центре – скальные массивы гор Каратау, нижний ряд – чинки предгорий Каратау. Фото И. Карякина и Г. Пуликовой.

Typical habitats of the Egyptian Vulture on the surveyed plots: upper and at the center – rocks of the Karatau mountains, bottom – cliff-faces (chinks) of the Karatau foothills. Photos by I. Karyakin and G. Pulikova.

ных гряд, ориентированных с юго-востока на северо-запад и имеет площадные размеры 400 км на 150–200 км (Жемчужников, Ергалиев, 2010). Наивысшая точка хребта – гора Мынжилки (верховья Бессаз, 2176 м). Здесь же расположены горы Бугунь (1810 м) и Сиирма (1848 м). На юго-востоке сложная система гряд и мелких плато носит название Малый Каратау. Се-

Natural features of the study area

According to physical-geographical zoning, the area in question lies in the Karatau region of Karatau-Talas district, North Tien Shan province, Tien Shan region, of a mountainous Central Asian country (Milkov, 1977; Gvozdetzky, Mikhailov, 1978).

Geomorphologically, the Karatau Range is composed of a system of parallel ridges ori-

веро-западные гряды и сопки объединяются в хребет Сусыккара.

Для большей части хребта абсолютные высоты в среднем составляют 1000 м и менее, с относительными превышениями над долинами в 50–250 м. Юго-западный склон хребта Каратау широкий и сравнительно пологий. Северо-восточный и северный склоны отличаются значительной крутизной. Хребет рассечён системой параллельных долин с горными реками, ориентированными с юго-запада на северо-восток, перпендикулярно к простиранию хребта и главных геологических структур. Реки и водотоки имеют почти всюду сезонный поверхностный сток.

Осевая часть Каратау – это горст-антиклинорий, который сложен дислоцированными породами докембрия и палеозоя, а его предгорья образованы мезо-кайнозойскими отложениями. Протерозой и нижний палеозой представлены песчаниково-сланцево-эффузивной толщей с прослоями мраморизированных известняков и доломитов, средний – палеозойкарбонатными породами. Высокие участки хребта Каратау представляют собой денудационную волнистую равнину со следами морской трансгрессии в меловое и эоценовое время. Складчато-сводовая деформация образовала затем этот низкогорный хребет. Альпийский тип рельефа сохранился только на самых высоких участках и представляет собой остаточный горный массив древнего рельефа.

Восточные окраины хребта Каратау переходят в хребет Таласский Алатау.

В предгорьях хребта Каратау имеются крупнейшие месторождения фосфоритных руд (Жанатас, Шолактау, Аксайское и др.) На базе Каратауских фосфоритов развита химическая промышленность. Развито поливное и богарное земледелие. В связи с этим значительные площади южных предгорий представлены агроландшафтами. Вокруг промышленных центров развито овоще-молочное пригородное хозяйство, мясо-яичное птицеводство. Кроме этого, интенсивно развиваются овцеводство, коневодство, пчеловодство, рыболовство (Джаналеева, 2018).

Каратау находится в зоне континентального засушливого климата. Зима менее холодная, а лето жаркое. Средняя температура января от $-6,9^{\circ}$ до $-8,7^{\circ}$ С, июля $+24,5^{\circ}$, $+25,5^{\circ}$ С (максимум $+44^{\circ}$, $+45^{\circ}$ С, минимум -41° , -43° С и, соответственно, амплитуда $80-90^{\circ}$ С). Продолжительность безморозного периода от 150 до 170 дней. Последний весенний заморозок отмечается с 15 по 30 апреля. Тёплый период, когда тер-

ented from southeast to northwest and has an area of 400 km by 150–200 km (Zhemchuzhnikov, Ergaliev, 2010). The highest point of the ridge is Mount Mynzhilki (upper Bessaz, 2176 m). The Bugun (1810 m) and Siirma (1848 m) mountains are also located here. In the southeast, a complex system of ridges and small plateaus is called Lesser (Maliy) Karatau. The northwestern ridges and peaks are combined in Susykkara ridge.

For most of the ridges, the absolute heights average 1000 m or less, with relative elevations above the valleys of 50–250 m. The southwestern slope of Karatau ridge is wide and relatively flat. The northeastern and northern slopes are markedly steep. The ridge is cut by a system of parallel valleys with mountain rivers oriented from southwest to northeast, perpendicular to the strike of the ridge and the main geological structures. Rivers and streams have seasonal surface runoff almost throughout.

The axial part of Karatau is a horst-anticlinorium, composed of dislocated Precambrian and Paleozoic rocks, and its foothills are formed by Meso-Cenozoic deposits. The Proterozoic and Lower Paleozoic are represented by sandstone-shale-effusive strata with interlayers of marmorized limestones and dolomites, and middle by Paleozoic carbonate rocks. The high sections of Karatau ridge are a denuded undulating plain with traces of marine transgression of the Cretaceous and Eocene periods. Folded-arch deformation then formed this low-mountain range. The alpine type of relief is preserved only in the highest areas and is a residual mountain range of the ancient relief.

The eastern outskirts of Karatau ridge pass into Talas Alatau ridge.

There are the largest deposits of phosphorite ores (Zhanatas, Sholaktau, Aksai, etc.) in the Karatau foothills. The chemical industry exploits these Karatau phosphorites. Irrigated and rainfed agriculture is developed. In this regard, large areas of the southern foothills are represented by agro-landscapes. Vegetable and dairy suburban farming, meat and egg poultry farming are developed around industrial centers. In addition, sheep breeding, horse breeding, beekeeping, and fishing are intensively developing (Dzhanaleeva, 2018).

Karatau is in the continental arid climate zone. Winters are less cold, and summers are hot. The average temperature in January ranges from -6.9° to -8.7° C, in July $+24.5^{\circ}$, $+25.5^{\circ}$ C (maximum $+44^{\circ}$, $+45^{\circ}$ C, minimum -41° , -43° C and, accordingly, amplitude $80-90^{\circ}$ C).

мометр поднимается выше $+5^{\circ}\text{C}$, длится 220 дней. Коэффициент увлажнения составляет 0,3–0,5. По характеру увлажнения регион не однороден, годовая сумма осадков от 150 мм (г. Байкадам) до 230–240 мм/год. Максимум осадков выпадает в марте – апреле и в основном в южных предгорных и юго-восточных районах. В зимнее время устойчивый снежный покров имеет высоту 15–30 см. Снег ложится в первой декаде декабря.

Согласно принятому в Казахстане ботанико-географическому районированию, территория района исследований расположена в Каратауской подпровинции Среднеазиатской горной провинции, Ирано-Туранской суб области, Сахаро-Гобийской пустынной области (Республика Казахстан..., 2006; Национальный атлас..., 2010).

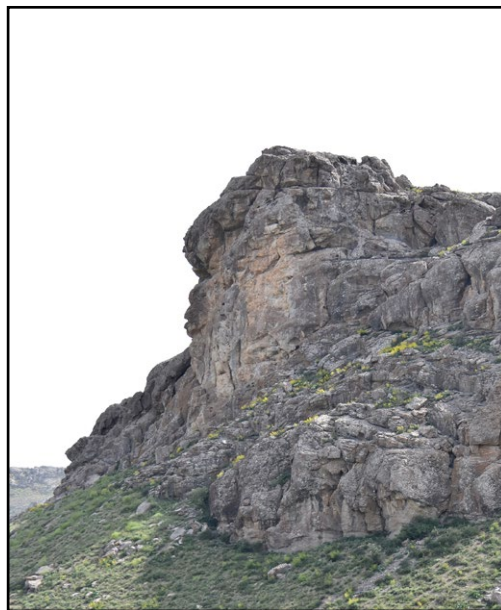
Согласно биогеографическому районированию, основанному на позвоночных животных, рассматриваемая территория лежит в Среднеазиатской высокогорной провинции (Кучерук, 2006), а по зоогеографическому районированию Северной Евразии по фауне наземных позвоночных – в Горно-анклавной среднеазиатской провинции Пустынно-степной подобласти Пустынно-степного региона (Равкин и др., 2014).

Облик ландшафтов близок к пустынному и полупустынному с серопольно-разнотравной растительностью, сформированной на сероземах. Южные отроги хребта Каратау расчленены и имеют вид платообразных низкогорий и среднегорий с ковыльно-типчачковой и кустарниково-разнотравной растительностью на горных каштановых почвах. Последние относятся к высотному поясу горных степей. Злаковые степи характерны для среднегорий южных окраин. На южном склоне широкое распространение получили эндемичные виды растений, представители средиземноморской сухо-субтропической флоры: фисташки, различные эфемероиды, нагорные ксерофиты.

С 2017 по 2022 гг. на Каратау наблюдается затяжная депрессия численности грызунов, коснувшаяся всех видов от большой песчанки (*Rhombomys opimus*) и жёлтого суслика (*Spermophilus fulvus*) до полёвок (*Microtus socialis* и *Alticola argentatus*), что негативно отразилось на размножении всех групп хищных животных – рептилий, птиц и млекопитающих.

Методика исследований

Данные о гнездовых территориях и гнездовых участках стервятника в горах Каратау были собраны нами в 2003, 2005, 2010



Типичная гнездовая скала стервятников в горах Каратау. Фото И. Карякина.

Typical nesting cliff of Egyptian Vultures in the Karatau mountains. Photo by I. Karyakin.

The duration of the frost-free period ranges from 150 to 170 days. The last spring frost is observed 15–30 April. The warm period, when the temperature exceeds $+5^{\circ}\text{C}$, lasts 220 days. The moisture coefficient is 0.3–0.5. The region is not homogeneous in terms of moisture content, annual precipitation varies from 150 mm (Baykadam) to 230–240 mm/year. Maximum precipitation falls in March – April, mainly in the southern foothills and southeastern regions. In winter, a stable snow cover has a height of 15–30 cm. Snow falls in the first part of December.

According to botanical and geographical zoning used in Kazakhstan, the study area is located in Karatau, a sub-province of the Central Asian mountainous province, the Iran-Turan sub-region, the Sahara-Gobi desert region (Republic of Kazakhstan ..., 2006; National Atlas ..., 2010).

According to biogeographic zoning based on vertebrates, the study area lies in the Central Asian high-mountain province (Kucheruk, 2006), while the zoogeographic zoning is Northern Eurasia, and in terms of the fauna of terrestrial vertebrates, it lies in the Central Asian mountain-enclave province of the Desert-steppe subregion of the Desert-steppe region (Ravkin *et al.*, 2014).

Landscape appearance is near desert and semi-desert with sagebrush-forb vegetation formed on serozem soils. The southern spurs of Karatau ridge are dissected and resemble

и 2022 гг. Локации известных гнездовых участков стервятника за 2003–2010 гг. взяты из раздела «Пернатые хищники Мира»⁴⁴ веб-ГИС «Фаунистика» Российской сети изучения и охраны пернатых хищников, за 2022 г. – выявлены в ходе полевых исследований.

Для понимания прежнего распространения стервятника в Каратау мы провели поиск статей, содержащих ключевые слова «стервятник» + *Neophron percnopterus* + «Каратау», в базах данных цитирования научных статей, в Google Scholar и в открытых электронных библиотеках, таких как Электронная биологическая библиотека⁴⁵, Фундаментальная электронная библиотека «Флора и фауна» А. Шипунова⁴⁶, в разделе «Публикации» на сайте Института зоологии Министерства образования и науки Республики Казахстан⁴⁷, а также в архиве публикаций Российской сети изучения и охраны пернатых хищников⁴⁸.

Также мы скачали доступные датасеты из электронных систем регистрации птиц, таких как GBIF⁴⁹, iNaturalist⁵⁰, eBird⁵¹ и веб-ГИС «Фаунистика»⁵², а также написали скрипт, с помощью которого создали датасет с сайта Kazakhstan Birdwatching Community⁵³ в формате MS Excel⁵⁴ и выбрали оттуда все наблюдения стервятника на Каратау и прилегающих территориях.

Полевые исследования проводились в соответствии с Методическими рекомендациями по изучению соколообразных и совообразных (Карякин, 2004).

Для работы по проекту были сформированы две исследовательские группы, которые передвигались на автомобилях повышенной проходимости (УАЗ Патриот и Toyota Prado). На маршруте совершались остановки для осмотра мест, пригодных для присад и устройства гнёзд стервятников. 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 на точках окружающей

plateau-like low and middle mountains with feather-grass-fescue and shrub-forb vegetation on mountain chestnut soils. The latter belong to the altitudinal belt of mountain steppes. Grass steppes are characteristic of average mountainous southern areas. On the southern slope, endemic plant species became widespread, representatives of the Mediterranean dry subtropical flora: pistachios, various ephemeroids, upland xerophytes.

A prolonged depression in the number of rodents has been observed on Karatau between 2017 and 2022, affecting all species from the Great Gerbil (*Rhombomys opimus*) and Yellow Ground Squirrel (*Spermophilus fulvus*) to Voles (*Microtus socialis* and *Alticola argentatus*), a situation which has overall negatively affected reproduction of predatory animals groups (reptiles, birds, and mammals).

Methods

Data on EV breeding areas and territories in the Karatau mountains were collected by the authors in 2003, 2005, 2010, and 2022. Known EV breeding territories locations for 2003–2010 taken from the “Raptors of the World”⁴⁵ section of Web-GIS “Faunistics” of the Russian Raptor Research and Conservation Network were identified during 2022 field research.

To understand past EV distribution in Karatau, we searched for articles containing the word “stervyatnik” (in Cyrillic) + *Neophron percnopterus* + Karatau (in Cyrillic) in scientific article citation databases, Google Scholar, and open electronic libraries such as Electronic Biological Library⁴⁵, Fundamental Electronic Library “Flora and Fauna” by A. Shipunov⁴⁶, in the “Publications” section of the Institute of Zoology website of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan⁴⁷, as well as in the publication archive of Russian Raptor Research and Conservation Network⁴⁸.

We also downloaded available datasets from electronic bird registration systems, such as GBIF⁴⁹, iNaturalist⁵⁰, eBird⁵¹, and the Web-GIS “Faunistics”⁵², and wrote a script which allowed us to create a dataset from the Kazakhstan Birdwatching Community⁵³ website in MS Excel⁵⁴ format and selected all EV sightings in Karatau and adjacent territories from there.

⁴⁴ <http://rrrcn.wildlifemonitoring.ru>

⁴⁵ <http://zoomet.ru>

⁴⁶ <http://herba.msu.ru/shipunov/school/sch-ru.htm>

⁴⁷ <http://zool.kz/eng/main-page>

⁴⁸ <http://rrrcn.ru/ru/library>

⁴⁹ <http://www.gbif.org>

⁵⁰ <http://www.inaturalist.org>

⁵¹ <http://ebird.org>

⁵² <http://wildlifemonitoring.ru>

⁵³ <http://birds.kz>

⁵⁴ <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/birds-kz-2sheets.xls>

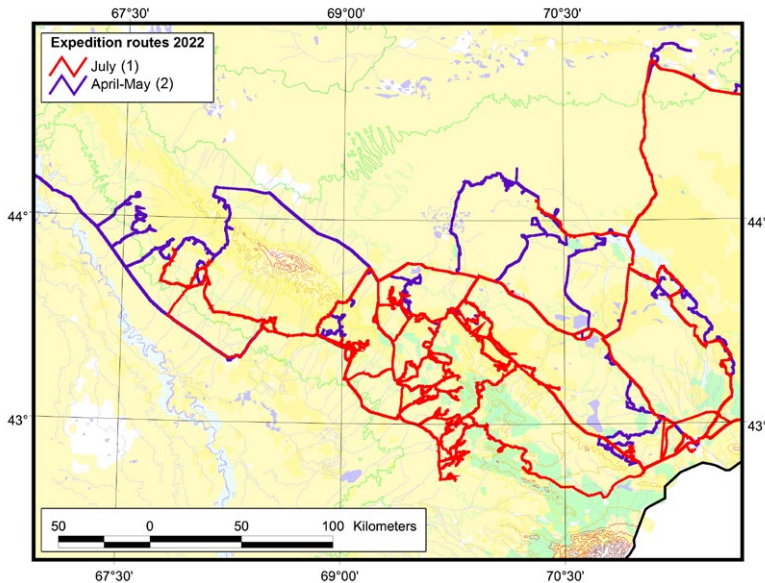


Рис. 1. Маршрут экспедиции 2022 г. Легенда: 1 – июль, 2 – апрель – май.

Fig. 1. Field research route 2022.

местности определялось сложностью рельефа и многообразием гнездопригодных мест в зоне наблюдения и варьировало от 3 до 30 минут на каждой точке.

Общая протяжённость автомаршрутов в зоне работы южнее р. Чу в 2022 г. составила 9655 км, в том числе 3393 км – в апреле – мае и 6262 км – в июле (2772 км и 3490 км – пробег каждого автомобиля) (рис. 1).

Осмотр мест, пригодных для гнездования стервятника, был ориентирован в первую очередь на идентификацию активных гнёзд. При обнаружении пустующих построек без следов присутствия птиц, присад с пухом и перьями, или при встрече птиц местность вокруг детально осматривалась с точки остановки на предмет выявления активных гнёзд. Если активное гнездо не было обнаружено сразу же с точки остановки, обследовались возможные места его устройства, скрытые от наблюдения с точки остановки на оси маршрута. Для этого с точки остановки визуально или по карте определялись ближайшие места возможного устройства гнёзд (исходя из стереотипов гнездования местной группировки стервятников) и делались попытки как можно ближе к ним проехать на автомобиле. Там, где возможность проезда на автомобиле заканчивалась, территория обследовалась пешком.

Координаты мест обнаружения птиц и их гнёзд определялись с помощью GPS/ГЛОНАС-навигаторов или в программе LocusMap⁵⁵ на смартфонах. Информация о найденных птицах и гнёздах заносилась в ведомости учёта по установленной фор-

Field studies were conducted in accordance with Methodological Recommendations for the Study of Birds of Prey and Owls (Karyakin, 2004).

Two research groups were formed to work on the project and traveled using off-road vehicles (UAZ Patriot and Toyota Prado). Stops were made along the route to inspect places suitable for perches and nests for EV. The distance between stopping points was determined by the structure of the landscape, but did not exceed 500 m in hollows between high hills and one kilometer on flat steppe areas. Usually, stops were made every 100–200 m, making it possible to view rocks or narrow ravines from different angles, thus significantly reducing the possibility of missing birds, their perches, and nests. The surrounding area inspection time at stops was determined by the complexity of the relief and the variety of places suitable for nesting in the observation zone and varied from 3 to 30 minutes on each point.

The total auto route length in the survey area south of the Chu River in 2022 was 9,655 km, including 3,393 km in April – May, and 6,262 km in July (2,772 km and 3,490 km for each vehicle, respectively) (Fig. 1).

We inspected places suitable for EV nesting with a focus on identifying active nests. Upon finding empty nests without signs of bird presence, perches with down and feathers, or when birds were encountered, the surrounding area was examined in detail starting at the waypoint in order to identify active nests. If an active nest was not detected immediately at a waypoint, possible locations hidden from observation were examined. To do this, the nearest possible breeding territories were examined (based on nesting stereotypes of the local EV breeding groups), and we attempted to drive as close as possible to them by car. Where it was no longer possible to drive by car, the area was surveyed on foot.

Coordinates of bird detection and their nests were determined using GPS/GLONAS navigators or using the LocusMap⁵⁵ application on smartphones. Information about detected birds and nests was entered into a tracking sheet following established form. Perch sites, as well as active nests, were iden-

⁵⁵ <http://www.locusmap.app>

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

Обследование не проводилось или прекращалось во время дождя. К гнёздам с кладками и пуховыми птенцами старались не приближаться, осматривая их в оптические трубы, чтобы не навредить птицам.

Гнездовая территория считалась занятой птицами, если наблюдалось присутствие пары птиц с гнездовым поведением (копуляция в гнездопригодном биотопе, полёты со строительным материалом для гнезда, приносы пищи в одно и то же место, защита территории). Гнёзда считались активными, если они были подновлены в начале текущего сезона размножения, в них наблюдались насиживающие птицы, гнёзда содержали птенцов, яйца или остатки яичной скорлупы или птенцового пуха. Успешными считались гнёзда, из которых успешно вылетел хотя бы 1 птенец. Но так как часть гнёзд не удалось проверить в конце сезона размножения, то в ряде анализов мы оперируем понятием успешное гнездо на момент проверки – это гнездо, в котором на момент проверки находился хотя бы один живой птенец. Покинутой гнездовой территорией считали участок, на котором обнаружено старое гнездо без признаков посещения птицами и на участке птицы не встречены.

Для каждой встреченной на маршруте птицы или обнаруженного гнезда записывались азимут и дистанция от наблюдателя, либо определялись две локации – та, с которой осуществлялось наблюдение, и локация регистрации, чтобы в дальнейшем рассчитать плотность распределения гнёзд и встреч птиц, отнесённых к гнездовым,

тified by down and molted feathers, and upon close inspection – by the presence of pellets and remains of prey.

Survey was not conducted during rain or halted during rain. We tried to avoid approaching nests with clutches and downy chicks, examining them through scopes so as not to disturb the birds.

A breeding territory was considered occupied if a pair of birds with nesting behavior was observed (copulation in a nesting habitat, flights with nest-building material, bringing food to the same place, territory protection). Nests were considered active if they were refurbished at the beginning of the current breeding season, brooding birds were observed, and nests that contained nestlings, eggs, or remnants of eggshells or chick down. Nests from which at least one nestling successfully fledged were considered successful. Because some nests could not be checked at the end of the breeding season, in a number of analyses we operated with the concept that “successful nest at the time of verification” is a nest in which there was at least one live nestling at the time of the check. Breeding territory was considered abandoned at old nesting sites lacking evidence of bird visits and no birds present.

For each bird encountered on the route or located nest, the azimuth and distance from the observer were recorded, or two locations were determined: the one from which observation was carried out and the location of registration, in order to further calculate the distribution density of nests and bird encounters, classified as nesting, by different methods (see below). During office processing in GIS, this data was checked by track and meeting locations and corrected if necessary. Perpendicular distances from the route axis to the EV and nest encounter points were calculated from radial distances and azimuth.

Field team routes were divided into fragments, ranked into three classes according to efforts aimed at counting EVs: 1 – transit routes, 2 – counting routes without long stops, and 3 – detailed counting routes with long stops and careful area survey. The total length of non-duplicate routes of second and third classes for 2020–2022 was 2,018.95 km (Fig. 2; Table 1).

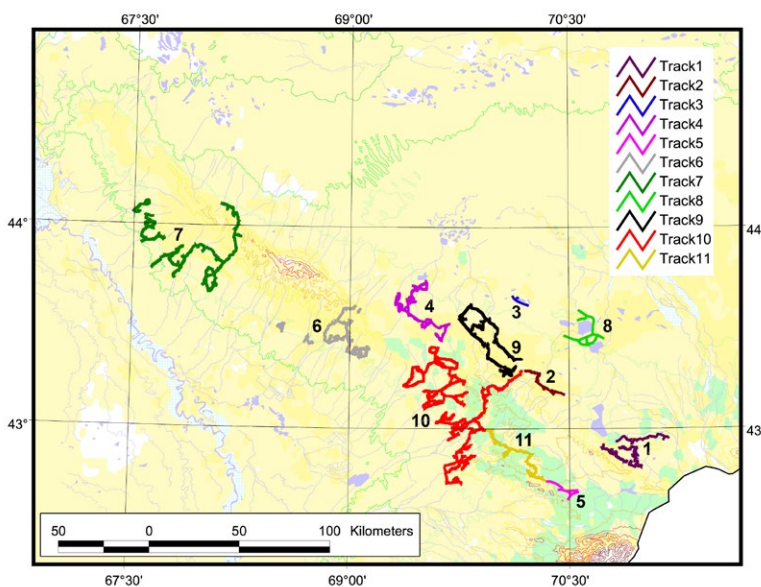


Рис. 2. Учётные маршруты. Нумерация маршрутов соответствует нумерации в табл. 1.

Fig. 2. Accounting routes. Route numbering corresponds to that in Table 1.

Табл. 1. Параметры учётных маршрутов. Нумерация маршрутов соответствует нумерации на рис. 2.

Table 1. Accounting routes parameters. Route numbering corresponds to that in Fig. 2.

ID	Длина, км Length, km	Ассоциированная учётная площадка (ID) Associated surveyed area (ID)
Track1	135.00	P12
Track2	42.60	P13
Track3	13.66	P16
Track4	175.69	P6
Track5	34.47	
Track6	189.40	P5
Track7	337.53	P1, P2, P3, P4
Track8	70.94	P16
Track9	212.24	P14, P15
Track10	725.15	P7, P8, P9
Track11	82.27	P10, P11
Всего / Total	2018.945	

разными методами (см. ниже). Во время камеральной обработки в ГИС эти данные проверялись по треку и локациям встреч и при необходимости корректировались. По радиальным дистанциям и азимуту рассчитывались перпендикулярные дистанции от оси маршрута до точек встреч стервятников или их гнёзд.

Маршруты полевых групп были разбиты на фрагменты, ранжированные на 3 класса по усилиям, направленным на учёт стервятников: 1 – транзитные маршруты, 2 – учётные маршруты без длительных остановок и 3 – детальные учётные маршруты с длительными остановками и тщательным осмотром местности. Общая протяжённость не дублирующихся маршрутов 2–3 класса за 2010–2022 гг. составила 2018,95 км (рис. 2; табл. 1).

Вокруг маршрутов 3 класса, проходивших в Малом и Большом Каратау и на чинках севернее гор, были построены буферные зоны в соответствии с рельефом местности и площадью территории, осматриваемой по ходу движения и на точках остановок. Наиболее полно обследованные участки с этими фрагментами маршрутов были преобразованы в учётные площадки. В 2022 г. было выделено 16 учётных площадок общей площадью 4191,54 км² (рис. 3, табл. 2), часть из которых частично перекрывалась с площадками 2010 г. Площадь перекрытия составила 521,72 км².

На учётных площадках мы старались минимизировать пропуски птиц и выявить все гнёзда стервятника, которые располагались в пределах площадок. На 70% площадок маршруты повторялись трижды за

Буферные зоны были построены вокруг третьего класса маршрутов, покрывающего Lesser and Greater Karatau и на чинках к северу от гор, в соответствии с рельефом местности и площадью территории, осматриваемой по ходу движения и на точках остановок. Наиболее полно обследованные участки с этими фрагментами маршрутов были преобразованы в учётные площадки. В 2022 г. было выделено 16 учётных площадок общей площадью 4191,54 км² (рис. 3, табл. 2), часть из которых частично перекрывалась с площадками 2010 г. Площадь перекрытия составила 521,72 км².

Мы старались минимизировать пропуски птиц и выявить все гнёзда стервятника, которые располагались в пределах площадок. На 70% площадок маршруты повторялись трижды за

Внутри площадок, участки мест обитания стервятника были определены. Плотности стервятника, полученные по маршрутам и площадкам, экстраполированы на них. Карта, моделирующая возможное распределение стервятника, была построена (методы экстраполяции описаны ниже).

Площадь и распределение мест обитания стервятника были определены с помощью моделирования распределения видов в среде ГИС (Araújo *et al.*, 2019) путём ассоциации набора экологических переменных с информацией о распределении (Evans *et al.*, 2011; Guisan, Zimmermann, 2000) в соответствии с недавно рекомендованным алгоритмом подготовки и выбора для моделирования распределения видов (SDM) (Valavi *et al.*, 2022) и экологической нишевой модели (ENM) (Sillero *et al.*, 2021).

В целях определения предпочтений стервятника к местам обитания и моделирования, мы определили пространственные переменные на уровне микроокружения (в радиусе 100 м от гнезда) и макроокружения (в радиусе 2 км от гнезда).

Для классификации мест обитания, мы не только использовали регулярно занятые активные гнезда в местах обитания, но и альтернативные гнезда, в которых размножение стервятника было замечено в прошлом. Мы оценили возможность параметров псевдо-репликации и решили игнорировать её, так как выборка была мала, и альтернативные гнезда были замечены только в 16,67% мест обитания стервятника ($n=66$), расстояние между активными и альтернативными гнездами (за исключением одного, который не вошёл в выборку) превышало 100 м, тем самым исключая параметры псевдо-репликации на уровне микроокружения в целом, так что

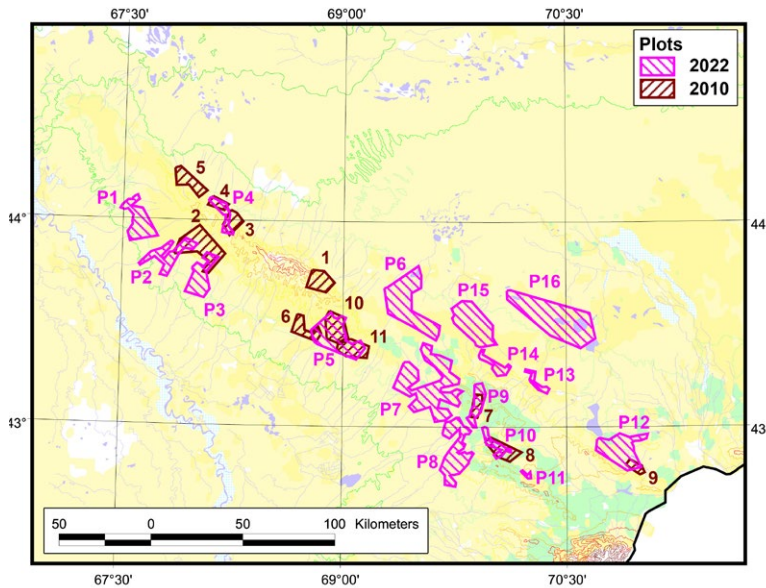


Рис. 3. Учётные площадки. Нумерация площадок соответствует нумерации в табл. 2.

Fig. 3. Accounting plots. Plot numbering corresponds to that in Table 2.

сезон с середины апреля по конец июля, чтобы исключить пропуск гнездящихся птиц. Поэтому при расчётах мы считаем численность стервятника на площадках абсолютной, несмотря на определённую, но незначительную вероятность пропуска гнездящихся пар.

Внутри площадок были определены площади местообитаний стервятника. По ним экстраполировали показатели плотности стервятника, полученные на площадках. Также для площади гнездопригодных биотопов строилась сеть случайных точек, имитирующая возможное распространение стервятника (методы экстраполяции численности описаны ниже).

Площадь и распределение гнездопригодных для стервятника биотопов определяли путём моделирования распространения вида в среде ГИС (Araújo *et al.*, 2019) посредством определения связи набора переменных окружающей среды с информацией о распространении (Evans *et al.*, 2011; Guisan, Zimmermann, 2000) в соответствии с рекомендуемым в последнее время алгоритмом подготовки и отбора данных для моделирования как распространения (SDM) (Valavi *et al.*, 2022), так и экологических ниш (ENM) (Sillero *et al.*, 2021).

Для определения предпочтений в выборе гнездопригодных биотопов стервятниками и для их моделирования мы определили пространственные переменные в масштабе микросреды – в радиусе 100 м вокруг гнезда, и макросреды – в радиусе 2 км вокруг гнезда.

Для классификации гнездопригодных биотопов мы использовали не только регулярно занимаемые активные гнёзда на гнездовых территориях пар, но и их альтер-

could not have a noticeable effect on modeling preferences in the choice of breeding biotopes by EVs. Thus, 77 EV nests on 66 different breeding territories were included in our analysis.

Biotope characteristics for EV nests were compared with a similar number of random points created within the boundaries of the extent bounded by coordinates: 1 – N 44.96832 E 66.34158, 2 – N 45.00587 E 72.18636, 3 – N 41.04311 E 72.04952, 4 – N 41.00781 E 66.57031. A map of breeding biotopes and breeding habitats was constructed for the same extent.

To describe the features of breeding biotopes at the level of micro- and macroenvironments, 90 explanatory variables were used, 87 of which were obtained from remote sensing (RS) products: NASADEM (NASA JPL, 2020), MOD13A1.061 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 500m (Didan, 2021), Geomorpho90m (Amatulli *et al.*, 2020), Global Habitat Heterogeneity (Tuanmu, Jetz, 2015), Global Wind Atlas (Badger *et al.*, 2021), World Clim (Fick, Hijmans, 2017), ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga *et al.*, 2021) (Appendix 1⁵⁶), and 3 variables obtained by measuring the distances between the nearest neighbors, to Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) nests, and the nearest farms.

We also used Dynamic World V1 (Brown *et al.*, 2022) and ERA5-Land Monthly Aggregated – ECMWF Climate Reanalysis (Muñoz Sabater, 2019) to track changes in landscape and climate at EV breeding territories in 2010 and 2020 to understand how landscape and weather conditions have changed and whether these changes affected EVs.

All measurements were carried out in ArcView GIS 3.3 in the Orthographic projection (Datum: WGS 84, Spheroid: Sphere, Central Meridian: 70, Reference Latitude: 45), where the area values for the study area are less (-2.35 km^2 per 1000 km^2) relative to Albers Equal-Area Conic projections for Kazakhstan (Datum: WGS 84, Spheroid: Kravosky, Central Meridian: 70, Reference Latitude: 0, Standard Parallel 1–2: 40–56, False Easting: 8500000, False Northing: 0).

Random point generator and Nearest Features v. 3.8b were used (Jenness, 2004; 2005) to create a system of random points and determine distances between nearest neighbors.

нативные гнёзда, в которых размножение наблюдалось в прошлом. Было оценено, что вклад псевдорепликации незначителен и не может оказать заметного влияния на моделирование предпочтений стервятника в выборе гнездопригодных биотопов. Во-первых, из-за небольшой выборки альтернативных гнёзд – они отмечены лишь на 16,67% гнездовых участках стервятника ($n=66$). Во-вторых, дистанции между альтернативными и активными гнёздами (за исключением одного, которое не было включено в выборку) превышали 100 м, что полностью исключает псевдорепликацию параметров в масштабе микросреды. Таким образом, мы включили в анализ 77 гнёзд стервятника на 66 различных гнездовых территориях.

Характеристики биотопов для точек гнёзд стервятника сравнивались с аналогичным числом случайных точек, созданных в границах экстенда, ограниченного координатами: 1 – N 44.96832 E 66.34158, 2 – N 45.00587 E 72.18636, 3 – N 41.04311 E 72.04952, 4 – N 41.00781 E 66.57031. Для этого же экстенда строилась карта гнез-

Variables sampling and the statistical processing of material were carried out in accordance with generally accepted recommendations (United States Environmental Protection Agency, 2002).

The variables were tested for statistical normality using the Lilliefors test. Mean values for EV presence points and random points were compared using a *t*-test.

After examining the relations between variables using the Spearman correlation coefficient (r)³⁷ and calculating the dispersion inflation factor (VIF) to eliminate multicollinearity, we discarded the least significant variables for the base model, the correlation coefficient (r) in pairs of which was >0.75 and $VIF >7.5$. As a result, we made four sets of models for analysis, differing in the representation of variables that are correlated and important according to the *t*-test data within them (for the number of variables in the models, see the “Research Results” section).

To check whether the model’s predicted values depend on the geographical distance between locations and to eliminate spatial autocorrelation, the Moran test (the R-function

Табл. 2. Параметры учётных площадок. Нумерация площадок соответствует нумерации на рис. 3.

Table 2. Accounting plots parameters. Plot numbering corresponds to that in Fig. 3.

ID2010	Площадь учётных площадок в 2010 г., км ²		Площадь учётных площадок в 2022 г., км ²		Перекрывание, км ² Overlap, km ²
	Area of the surveyed plots in 2010, km ²	ID2022	Area of the surveyed plots in 2022, km ²		
1	120.2				
		P1	218.0		
2	307.7	P2	184.6	48.2	
		P3	192.4	38.6	
3	48.3	P4	84.2	33.3	
4	78.0			23.7	
5	117.7				
6	99.4			24.0	
10	159.5	P5	359.7	133.8	
11	126.1			94.7	
		P6	488.8		
		P7	654.9		
		P8	321.4		
7	58.3	P9	110.5	52.3	
8	119.9	P10	69.0	48.4	
		P11	9.2		
9	38.3	P12	317.4	24.8	
		P13	41.1		
		P14	71.3		
		P15	357.3		
		P16	711.9		
Vсего / Total	1273.2		4191.5	521.7	

допригодных биотопов и местообитаний стервятника.

Для описания признаков гнездопригодных биотопов на уровне микро- и макросреды использованы 90 объясняющих переменных, 87 из которых получены из продуктов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ): NASADEM (NASA JPL, 2020), MOD13A1.061 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 500m (Didan, 2021), Geomorpho90m (Amatulli *et al.*, 2020), Global Habitat Heterogeneity (Tuanmu, Jetz, 2015), Global Wind Atlas (Badger *et al.*, 2021), World Clim (Fick, Hijmans, 2017), ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga *et al.*, 2021) (Приложение 1⁵⁶), и 3 переменных – путём измерения дистанций между ближайшими соседями, до гнёзд беркута (*Aquila chrysaetos*) и ближайших ферм.

Мы также использовали Dynamic World V1 (Brown *et al.*, 2022) и ERA5-Land Monthly Aggregated – ECMWF Climate Reanalysis (Muñoz Sabater, 2019) для отслеживания изменений в ландшафте и климате на гнездовых участках стервятников в 2010 и 2022 гг., чтобы понять, насколько изменился ландшафт и погодные условия, и сказались ли эти изменения на стервятниках.

Все измерения проводились в ArcView GIS 3.3 ESRI в проекции Orthographic (Datum: WGS 84, Spheroid: Sphere, Central Meridian: 70, Reference Latitude: 45), где значения площадей для рассматриваемой территории меньше (-2,35 км² на 1000 км²) относительно проекции Albers Equal-Area Conic для Казахстана (Datum: WGS 84, Spheroid: Krasovsky, Central Meridian: 70, Reference Latitude: 0, Standard Parallel 1–2: 40–56, False Easting: 8500000, False Northing: 0).

Для создания системы случайных точек и определения дистанций между ближайшими соседями использованы расширения Random point generator и Nearest Features v. 3.8b (Jenness, 2004; 2005). Формирование выборки переменных и статобработка материала осуществлялись в соответствии с общепринятыми рекомендациями (United States Environmental Protection Agency, 2002).

Переменные были проверены на статистическую нормальность с использованием критерия Лиллиефорса. Средние значения для точек присутствия стервятника и случайных точек сравнивались с использованием *t*-критерия.

Изучив взаимосвязи переменных с помощью коэффициента корреляции Спирмена (*r*)⁵⁷ и рассчитав коэффициент ин-

“moran.test” in the “spdep” package) was used (Griffith, Peres-Neto, 2006; Dormann *et al.*, 2007). Visualization of test results took place in accordance with the recommendations of T.E. Samsonov (2021).

We used Random Forest for image classification, a widely used species distribution modeling technique in recent studies (Zhang *et al.*, 2019). It is easy to use, flexible, and has a low computing cost. The decision tree structure provides an interpretive competition to classical regression methods. Random Forest is insensitive to data outliers, resistant to feature multicollinearity, successfully ranks the importance of variables even on data obtained directly from a logistic regression model, handles non-linear relationships, effect modifiers, and imbalanced results, thereby eliminating the complexities that hinder forecasting accuracy and increase computing costs in regression methods. It is not retrained with an increase in the number of trees (Radchenko, 2017; Lingjun *et al.*, 2018). We used probability and regression variants.

According to previously published recommendations (Brotons *et al.*, 2004), datasets of EV absence were prepared and, together with their presence data (nesting points), imported into the Google Earth Engine (GEE). The Earth remote sensing raster datasets were fitted and classified through GEE according to the previously proposed species distribution model fitting workflow algorithm (Crego *et al.*, 2022), but without pseudo-absence or background points, as we used real absence points for EVs, which are a higher priority in species distribution modeling (Brotons *et al.*, 2004). In addition, a number of species distribution modeling studies demonstrated poor predictive performance of RF compared to other methods using presence and background data (Johnson *et al.*, 2012; Shabani *et al.*, 2016) which was explained by a large number of background samples (Barbet-Massin *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2013; Robinson *et al.*, 2018). It is believed that a balanced dataset works better with machine learning methods (Barbet-Massin *et al.*, 2012; Elith *et al.*, 2008; Evans *et al.*, 2011; Sillero *et al.*, 2021), and it is highly recommended for RF, as a number of studies have shown its poor performance when modeling presence-absence data containing a large number of absences (Evans, Cushman, 2009; Freeman *et al.*, 2012; Robinson *et al.*, 2018). Despite the recommendations to use the same number

⁵⁶ <http://rrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/App1-Variables.xls>

⁵⁷ <http://rrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/collinearityNP.jpg>

фляции дисперсии (VIF), чтобы избавиться от мультиколлинеарности, мы отбросили наименее значимые переменные для базовой модели, коэффициент (r) корреляции в парах которых был $>0,75$, а $VIF > 7,5$. В итоге для анализа мы сформировали наборы для 4 моделей, отличающихся представленностью в них коррелирующих и важных по данным t -критерия переменных (количество переменных в моделях см. в разделе «Результаты исследований»).

Чтобы проверить, не зависят ли от географического расстояния между локациями предсказанные значения модели и исключить пространственную автокорреляцию, был использован тест Морана (R-функция «`moran.test`» в пакете «`spdep`») (Griffith, Peres-Neto, 2006; Dormann *et al.*, 2007). Визуализация результатов теста осуществлена в соответствии с рекомендациями Т.Е. Самсонова (2021).

Для классификации изображений использовался Random Forest, который в последнее время является широко используемым методом моделирования распределения видов (Zhang *et al.*, 2019). Он прост в применении, гибок и не требует больших вычислительных затрат, а структура дерева решений обеспечивает интерпретируемую конкуренцию классическим методам регрессии. Random Forest не чувствителен к выбросам в данных, устойчив к мультиколлинеарности признаков, успешно ранжирует важность переменных даже на данных, полученных непосредственно из модели логистической регрессии, обрабатывает нелинейные отношения, модификаторы эффектов и несбалансированные результаты, тем самым исключая сложности, которые затрудняют точности прогнозирования и увеличивают вычислительные затраты в методах регрессии, с увеличением количества деревьев не переобучается (Радченко, 2017; Lingjun *et al.*, 2018). Мы применяли варианты вероятность и регрессия.

В соответствии с ранее опубликованными рекомендациями (Brotons *et al.*, 2004) были подготовлены наборы данных отсутствия стервятников, и вместе с данными об их присутствии (точки гнезд) импортированы в Google Earth Engine (GEE). Набор растров данных дистанционного зондирования Земли был подобран и классифицирован через GEE согласно ранее предложенному алгоритму рабочего процесса подбора моделей распространения видов (Crego *et al.*, 2022), но без точек псевдоотсутствий или фона, так как мы использова-



Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

of absence points as the number of presence points in the analysis, we neglected them in the final analysis, as we saw in model training runs of the model that the balanced set performed worse with presence points of vultures and the selected variables, increasing false positive predictions in higher altitude range and in sands. However, we took into account a number of recommendations aimed at improving the performance of RF with presence-absence datasets (Valavi *et al.*, 2021).

We split the EV location data into training (80%) and testing (20%) sets and implemented a spatial block cross-validation method to split the data for training and model validation (Roberts *et al.*, 2017; Valavi *et al.*, 2019; Crego *et al.*, 2022). During the analysis, 25 iterations were run with random block division.

Model accuracy was assessed based on validation for each iteration of model selection by means of AUC-ROC (Fielding, Bell, 1997; Fawcett, 2006) controlled by R^2 and Kappa (Brownlee, 2016; Zhang *et al.*, 2021).

Validation of EV distribution models obtained from different sets of variables was carried out using the presence points of the species exported from the birds.kz website (Amirekul *et al.*, 2022) and the GBIF dataset (Ukolov *et al.*, 2019; Karyakin *et al.*, 2020; Auer *et al.*, 2022; iNaturalist, 2022; de Vries, Lemmens, 2022). Presence points, chaotically entered by photographers and bird watchers, were automatically drawn to the nearest rock outcrops visible in the images.

ли точки реального отсутствия стервятников, которые являются более приоритетными в моделировании распространения видов (Brotons *et al.*, 2004). К тому же, в ряде исследований моделирования распространения видов была продемонстрирована плохая прогностическая эффективность RF по сравнению с другими методами при использовании данных присутствия и фона (Johnson *et al.*, 2012; Shabani *et al.*, 2016), которая объяснялась большим количеством фоновых проб (Barbet-Massin *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2013; Robinson *et al.*, 2018). Считается, что сбалансированный набор данных лучше работает с методами машинного обучения (Barbet-Massin *et al.*, 2012; Elith *et al.*, 2008; Evans *et al.*, 2011; Sillero *et al.*, 2021), а для RF он особо рекомендуется, так как в ряде исследований показана низкая производительность RF при моделировании данных о присутствии-отсутствии, содержащих большое количество отсутствий (Evans, Cushman, 2009; Freeman *et al.*, 2012; Robinson *et al.*, 2018). Несмотря на рекомендации использовать в анализе число точек отсутствия вида такое же, как число точек присутствия, мы ими пренебрегли в итоговом анализе, так как на тренировочных прогонах модели увидели, что сбалансированный набор работал хуже с точками присутствия стервятников и выбранными переменными, увеличивая ложноположительные предсказания в более высоком высотном диапазоне и в пещках. Тем не менее, мы учли ряд рекомендаций, направленных на улучшение производительности RF с наборами данных присутствия-отсутствия (Valavi *et al.*, 2021).

Мы разделили данные о местоположении стервятников на наборы для обучения (80%) и тестирования (20%) и внедрили метод перекрестной проверки пространственных блоков для разделения данных для обучения и проверки модели (Roberts *et al.*, 2017; Valavi *et al.*, 2019; Crego *et al.*, 2022). В ходе анализа было запущено 25 итераций со случайным разделением блоков.

Точность моделей оценивалась на основе проверки для каждой итерации подбора модели посредством AUC-ROC (Fielding, Bell, 1997; Fawcett, 2006) с контролем по R^2 и Карра (Brownlee, 2016; Zhang *et al.*, 2021). Для AUC-ROC мы построили графики и вывели CSV-файлы, содержащие следующую информацию:

1 – «TP – true positive» – количество точек, верно классифицированных как присутствие,

As a result of operation in the GEE, a map of EV breeding biotopes was built and exported in Geotiff format as a raster with pixels ranked by the probability of presence. The raster was vectorized in ArcView in shapefile format. Pixels with a probability of the species presence of more than 50% are classified as breeding biotopes.

To create a map of total habitat area around pixels with a probability of species presence of more than 50%, buffers were built with a radius equal to half the average distance between nearest neighbors.

We extrapolated the EV population using three methods:

1 – Direct conversion of density indicators from routes using the linear transect method – Distance Sampling (Thomas *et al.*, 2010; Buckland *et al.*, 2015) to R Distance (Miller *et al.*, 2019);

2 – Direct recalculation of the weighted average density index from plots (taking into account sites where EV was not found) to the area of habitats (Karyakin, 2004) with the calculation of an asymmetric confidence interval (Ravkin, Chelintsev, 1990);

3 – Method for generating random points over a given range of distances between nearest neighbors based on a regular network (further RPG).

The RPG is implemented to better calculate the extrapolation of abundance to the coverage of breeding biotopes, represented by many small clusters separated from each



Гнездопригодные для стервятника местообитания в Каратау. Фото Г. Пуликовой.

Egyptian Vulture breeding habitats in Karatau. Photo by G. Pulikova.

2 – «FP – false positive» – количество точек, ошибочно классифицированных как присутствие,

3 – «TN – true negative» – количество точек, верно классифицированных как отсутствие,

4 – «FN – false negative» – количество точек, ошибочно классифицированных как отсутствие,

5 – «TPR» – отношение TP к количеству точек присутствия в тестовом наборе,

6 – «FPR» – отношение FP к количеству точек отсутствия в тестовом наборе.

7 – «TNR» – отношение TN к количеству точек отсутствия в тестовом наборе,

8 – «ccr – Correct classification rate» – процент верно классифицированных точек,

9 – «каппа – Cohen`s kappa» – коэффициент каппа Коэна, это статистика, которая измеряет межрегиональное согласие для качественных (категориальных) предметов,

10 – «SUMSS» – TPR+TNR,

11 – «Precision» – $TP/(TP+FP)$ – Точность – доля реальных точек присутствия среди классифицированных как присутствие.

Валидация моделей распространения стервятника, полученных по разным наборам переменных, осуществлялась с помощью точек присутствия вида, экспортированных с сайта birds.kz (Амирекул и др., 2022) и датасета GBIF (Ukolov *et al.*, 2019; Karyakin *et al.*, 2020; Auer *et al.*, 2022; iNaturalist, 2022; de Vries, Lemmens, 2022). Точки присутствия, хаотично расставленные фотографами и наблюдателями птиц, были притянуты в автоматическом режиме к ближайшим скальным обнажениям, видимым на снимках.

В результате операции в GEE была построена карта гнездопригодных биотопов для стервятника, которая в виде раstra с пикселями, ранжированными по вероятности присутствия, экспортирована в формате Geotiff. Растр векторизован в ArcView в формат шейп-файла. К гнездопригодным биотопам отнесены пиксели с вероятностью присутствия вида более 50%.

Для создания карты общей площади местообитаний вокруг пикселей с вероятностью присутствия вида более 50% построены буферы с радиусом, равным половине средней дистанции между ближайшими соседями.

Экстраполяцию численности стервятника мы осуществляли тремя методами:

1 – прямой пересчёт показателей плотности с маршрутов по методу линейных трансект – Distance Sampling (Thomas *et*



Стервятник. Фото Г. Пуликовой.
Egyptian Vulture. Photo by G. Pulikova.

other by a distance exceeding the average distance between the nearest neighbors. With direct methods of extrapolation, the average number of permeable intervals of the cover area is not taken into account. The spatial extrapolation method based on point generation makes it possible to estimate distances between coverage fragments and, if they exceed the average distance between nearest neighbors, distribute points over these fragments.

Since there are no separate publications on the RPC, let us dwell on it more.

To begin with, we calculated the average (averageNearest) and minimum (minNearest) distances between the nearest neighbors from the training points set. After that, we built a regular network of squares with a step equal to the minimum distance between the nearest neighbors for the contour of breeding biotopes. Then, inside each square, a random point with a uniform distribution was generated. Next, we randomly chose the search radius from the interval from minNearest to $2 \times$ averageNearest – minNearest and launched a loop for selecting points into the system. If there was not a single “selected point” within the current search radius from the point, then this point was marked as “selected into the system”, and a new search radius was set. If there was already a “selected point” in the search radius, the next point was taken and checked with the same radius. A system of “selected points” arose as a result of the pro-

al., 2010; Buckland *et al.*, 2015) в R Distance (Miller *et al.*, 2019);

2 – прямой пересчёт средневзвешенного показателя плотности с площадок (с учётом площадок, на которых стервятник не встречен) на площадь местообитаний (Карякин, 2004) с расчётом несимметричного доверительного интервала (Равкин, Челинцев, 1990);

3 – метод генерации случайных точек по заданному диапазону дистанций между ближайшими соседями на основе регулярной сети (далее ГСЧ).

ГСЧ реализован для того, чтобы лучше обрабатывать экстраполяцию численности на покрытие гнездопригодных биотопов, представленное множеством мелких кластеров, удалённых друг от друга на расстояние, превышающее среднюю дистанцию между ближайшими соседями. При прямых методах экстраполяции не учитывается расчленённость покрытия. Пространственный метод экстраполяции, основанный на генерации точек, позволяет оценить дистанции между фрагментами покрытия и, если они превышают среднюю дистанцию между ближайшими соседями, распределить по этим фрагментам точки.

Так как отдельных публикаций по ГСЧ нет, остановимся на нём подробнее.

Для начала по тренировочному набору точек мы вычислили среднюю (*averageNearest*) и минимальную (*minNearest*) дистанции между ближайшими соседями. После чего для контура гнездопригодных биотопов мы построили регулярную сеть квадратов с шагом, равным минимальной дистанции между ближайшими соседями. Затем внутри каждого квадрата была сгенерирована случайная точка с равномерным распределением. Далее мы случайным образом выбирали радиус поиска из интервала от *minNearest* до $2 \times \text{averageNearest} - \text{minNearest}$ и запускали цикл отбора точек в систему. Если в текущем радиусе поиска от точки не находилось ни одной «выбранной точки», то эта точка помечалась как «выбранная в систему», и задавался новый радиус поиска. Если в радиусе поиска уже имелась «выбранная точка», бралась следующая точка и проверялась с тем же радиусом. В результате процесса формировалась система «выбранных точек». Радиус поиска ближайшего соседа для сплошного контура гнездопригодных биотопов был ограничен 20 км.

Валидацию паттерна «выбранных точек» осуществляли двумя способами по нижеописанному принципу. Сначала форми-



Пара стервятников у гнезда. Фото И. Карякина.

*Pair of Egyptian Vultures near the nest.
Photo by I. Karyakin.*

cess. The nearest neighbor search radius for a continuous contour of breeding biotopes was limited to 20 km.

Validation of “selected points” pattern was carried out in two ways according to the principle described below. First, a set of validation areas was formed. Then this set was randomly divided into training and test, in a ratio of 80% to 20%. All points lying in a larger set were selected as a training set and the above-described pattern was launched for them. After that, the number of hits in the test set of validation sites was compared with the actual number of EV presence points on these sites.

The iteration was repeated 100 times. For all iterations, the minimum, maximum, average values of the number $\pm SD$, validation error, and confidence interval were calculated.

In the first method, each of the validation sites was an entire surveyed area (i.e. survey plot as in Fig. 2 + the buffer zone based on half the minimum distance between the nearest neighbors up to the landscape limits visible on satellite images, such as the axial part of the ridge or the edge of high cliffs).

In the second method, all surveyed areas were divided into Thiessen polygons according to EV presence points, and all polygons constructed in this way were selected as a set of validation sites.

Based on the result of the population estimation module using RPC, we formed four layers of points: with the maximum, minimum, and as close to the average number of

ровали набор валидационных площадок. Затем случайным образом разбивали этот набор на тренировочный и тестовый, в соотношении 80% к 20%. В качестве тренировочного набора точек выбирали все точки, лежащие в большем наборе и запускали для них вышеописанный паттерн. После чего сравнивали количество попаданий в тестовый набор валидационных площадок с реальным числом точек присутствия стервятника на этих площадках.

Итерация повторялась 100 раз. По всем итерациям рассчитывалась минимальное, максимальное и среднее значение численности $\pm SD$, ошибка валидации и доверительный интервал.

В первом способе каждая из валидационных площадок представляла собой обследованную область целиком (т.е. это учётная площадь как на рисунке 2 + буферная зона, построенная по половине минимальной дистанции между ближайшими соседями до ландшафтных пределов, видимых на космоснимках, таких как осевая часть хребта или борт высоких скал).

Во втором способе все обследованные области разбивались по точкам присутствия стервятника на полигоны Тиссена, и в качестве набора валидационных площадок выбирались все построенные таким образом полигоны Тиссена.

По результату работы модуля оценки численности методом ГСЧ мы сформировали 4 слоя точек: с максимальным, минимальным и средним количеством точек, а также наборы точек с минимальными погрешностями в валидации по полигонам Тиссена и по площадкам. В дополнении к слоям точек мы вывели json-файлы по валидации, содержащие следующую информацию:

1 – массив «processed», в котором лежат объекты с информацией по каждой итерации валидационного процесса, а именно:

1.1 – «total» — суммарное количество сгенерированных точек,

1.2 – «inValidationArea» — количество точек, попавших в валидационные площадки,

1.3 – «validationPointsSize» — количество реальных точек присутствия в валидационных площадках,

1.4 – «inTrainingArea» — количество точек, попавших в тренировочные валидационные площадки,

1.5 – «trainingPointsSize» — количество реальных точек присутствия в тренировочных валидационных площадках,

1.6 – «trainingErrorPercent» — значение $(\text{trainingPointsSize} - \text{inTrainingArea}) / \text{inTrainingArea}$,

points as possible, as well as a sets of points with minimal validation errors for the Thiessen polygons and validation plots. In addition to the point layers, we output validation json files containing the following information:

1 – array “processed” which contains objects with information on each iteration of the validation process, namely:

1.1 – “total” – total number of generated points,

1.2 – “inValidationArea” – number of points that fell into validation areas,

1.3 – “validationPointsSize” – number of real presence points at validation sites,

1.4 – “inTrainingArea” – number of points falling in training validation areas,

1.5 – “trainingPointsSize” – number of real presence points in training validation sites,

1.6 – “trainingErrorPercent” – value $(\text{trainingPointsSize} - \text{inTrainingArea}) / \text{inTrainingArea}$,

1.7 – “validatingErrorPercent” – value $(\text{inValidationArea} - \text{validationPointsSize}) / \text{validationPointsSize}$,

1.8 – “minNearestDistanceTraining” and “averageNearestDistanceTraining” – minimum and average distances to the nearest neighbor, calculated from training set,

1.9 – “minNearestDistanceResult” and “averageNearestDistanceResult” – minimum and average distance to the nearest neighbor, calculated from generated points,

1.10 – “seed” – random seed for splitting sets,



Осмотр гнезда стервятника Олегом Ширяевым (на гнезде) и Генриеттой Пуликовой (под гнездом).
Фото И. Карякина.

Oleg Shiriaev (at the nest) and Genriyetta Pulikova (under the nest) observing the Egyptian Vulture's nest.
Photo by I. Karyakin.

1.7 – «validatingErrorPercent» – значение $(\text{inValidationArea} - \text{validationPointsSize}) / \text{validationPointsSize}$,

1.8 – «minNearestDistanceTraining» и «averageNearestDistanceTraining» – минимальная и средняя дистанции до ближайшего соседа, рассчитанные по тренировочному набору,

1.9 – «minNearestDistanceResult» и «averageNearestDistanceResult» – минимальное и среднее расстояние до ближайшего соседа, посчитанное по сгенерированным точкам,

1.10 – «seed» – случайное зерно для разбиения наборов;

2 – «averageValidationDeviation» – среднее по всем итерациям значение «validatingErrorPercent»,

3 – «averageValidationAbsDeviation» – среднее по модулю по всем итерациям значение «validatingErrorPercent»,

4 – «averageTrainingDeviation» – среднее по всем итерациям значение «trainingErrorPercent»,

5 – «averageTrainingAbsDeviation» – среднее по модулю по всем итерациям значение «trainingErrorPercent»,

6 – «averageTotal» – среднее значение «total» (1.1 – суммарного количества сгенерированных точек),

7 – «totalSD» – стандартное отклонение «total» от «averageTotal»,

8 – «maxTotal» – максимальное значение «total»,

9 – «minTotal» – минимальное значение «total».

Доверительный интервал численности мы определяли по значениям «averageTotal» и «averageValidationAbsDeviation» следующим образом:

$\text{averageTotal} (1 + \text{averageValidationAbsDeviation}) \leq \text{реальное количество} \leq \text{averageTotal} (1 - \text{averageValidationAbsDeviation})$.

Например, если «averageValidationAbsDeviation» = 0,2, то это интерпретируется как то, что алгоритм при оценке численности ошибается на 20% в ту или иную сторону, а значит, можно считать, что реальная численность = оценка алгоритма $\pm 20\%$.

Лучший по валидации из выбранных слоёв точек был откорректирован с целью улучшения оценки численности. Для этого по ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga *et al.*, 2021) мы создали слой строений и, построив вокруг них буферы шириной 3 км, удалили все точки, попадавшие в них. Затем по космоснимкам мы оцифровали фермы и, построив вокруг них буферы в соответствии с максимальными дистанциями на-

2 – «averageValidationDeviation» – average over all iterations «validatingErrorPercent»,

3 – «averageValidationAbsDeviation» – module average over all iterations «validatingErrorPercent»,

4 – «averageTrainingDeviation» – average over all iterations «trainingErrorPercent»,

5 – «averageTrainingAbsDeviation» – module average over all iterations «trainingErrorPercent»,

6 – «averageTotal» – average value «total» (1.1 – total number of generated points),

7 – «totalSD» – standard deviation «total» from «averageTotal»,

8 – «maxTotal» – maximum «total» value,

9 – «minTotal» – minimum «total» value.

We determined the abundance confidence interval using the values of «averageTotal» and «averageValidationAbsDeviation» as follows:

$\text{averageTotal} (1 + \text{averageValidationAbsDeviation}) \leq \text{an actual amount} \leq \text{averageTotal} (1 - \text{averageValidationAbsDeviation})$.

For example, if «averageValidationAbsDeviation» = 0.2, then this is interpreted as the fact that the algorithm, when estimating abundance, is wrong by 20% in one direction or another, which means that we can assume that actual abundance = the algorithm's estimate $\pm 20\%$.

The best validated of the «selected point» layers has been adjusted to improve the abundance estimate. To do this, according to ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga *et al.*, 2021), we created a layer of buildings and, having built 3 km-wide buffers around them,



Гнездопригодные для стервятника биотопы в Каратау. Фото И. Карякина.

Egyptian Vulture breeding biotopes in Karatau. Photo by I. Karyakin.

хождения гнёзд стервятника от ферм, отсекали половину точек за их пределами. Далее мы выбрали область гнездопригодных биотопов стервятника, лежащую в зоне площадок, на которых вид не был обнаружен, и сократили число сгенерированных точек на 50% в этой зоне. Все точки, попавшие в полигоны Тиссена, построенные вокруг реальных гнездовых участков, были притянуты к реальным точкам присутствия стервятника и считались верифицированными. Если в полигон Тиссена попадало несколько точек, притягивалась к реальной точке присутствия ближайшая, а остальные отбраковывались. Откорректированный слой точек считался итоговым результатом оценки численности.

Для оценки демографии отслеживались такие параметры, как продуктивность, успешность размножения и частота размножения обследованных пар на одном и том же гнездовом участке. Мы считали размножающимися те пары, которые отложили хотя бы одно яйцо.

Для моделирования выживаемости гнёзд мы исследовали влияние погодных факторов (температура и осадки), факторов окружающей среды (высота над уровнем моря – elevation, уклон местности – slope, экспозиция – aspect, векторная мера неровности – vrm, неровность местности – roughness, скорость ветра на высоте 10 м – w-s-10, площадь биотопов с травянистой растительностью в радиусе 100 м от гнезда – WC_G100, площадь голой земли и скал в радиусе 100 м от гнезда – WC_B100, усовершенствованный вегетационный индекс с апреля по август – EVI), а также дистанций между ближайшими соседями (dist.nei), между гнёздами стервятника и беркута (dist.Achr) и от гнёзд стервятника до ферм (dist.farm).

Переменные погоды (среднемесячные показатели температуры и осадков с апреля по август) взяты для точек локаций гнёзд из ERA5-Land Monthly Aggregated – ECMWF Climate Reanalysis (Muñoz Sabater, 2019), переменные окружающей среды – из NASADEM (NASA JPL, 2020), MOD13A1.061 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 500m (Didan, 2021), Geomorpho90m (Amatulli et al., 2020), Global Wind Atlas (Badger et al., 2021) и ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga et al., 2021).

Важность переменных определена путём 200 прогонов алгоритма Random Forest. Далее мы выбрали наиболее важные переменные и включили их в линейные модели для анализа выживаемости.



Скалы близ ферм – типичные места гнездования стервятника. Фото И. Карякина.

The cliffs near the farms are typical nesting sites for the Egyptian Vulture. Photo by I. Karykina.

removed all points that fell into them. Then, using satellite images, we digitized farms and, having built buffers around them, in accordance with the maximum distances of finding EV nests from farms, cut off half of the points outside them. Next, we selected an area of EV breeding biotopes lying within the zone of plots where the species was not found and reduced the number of generated points by 50% in this zone. All points that fell into the Thiessen polygons and were built around actual breeding territories were linked to the real points of presence of EV and were considered verified. If several points fell into the Thiessen polygon, the closest one was linked to the real point of presence, and the rest were rejected. The corrected layer of points was considered the final result of the abundance assessment. To assess demographics, parameters such as productivity, breeding success, and breeding frequency of surveyed pairs in the same breeding territory were monitored.

In order to evaluate demographic characteristics, the authors tracked such parameters as productivity, reproductive success, and breeding frequency for the studied pairs at one and the same nesting site. Pairs that laid at least one egg were considered breeding pairs.

We investigated the effects of weather variables (temperature and precipitation), environmental variables (elevation, slope, aspect, vector measure of stability – vrm, roughness, wind speed at height 10 m – w-s-10, area of grass vegetation within 100 m radius from

Суточная выживаемость гнёзд стервятника (DSR) оценивалась с помощью пакета RMARK (Laake, 2013) в R (версия R 4.1.3, R Core Team, 2022). Из-за недостатка данных по фазе инкубации, мы не стали разделять период размножения на две фазы и считали выживаемость гнезда с момента начала кладки до начала разлёта птенцов – в среднем для 161 дня. Репродуктивная фаза и возраст яиц или птенцов, наряду с факторами среды и погоды, были включены в анализ как нестандартизированные индивидуальные ковариаты. Чтобы оценить, какая модель-кандидат лучше всего соответствует данным, мы использовали значения AICс, встроенные в программу MARK (Burnham, Anderson, 2004; Dinsmore, Dinsmore, 2007; Nägeli *et al.*, 2022).

Для изучения питания фиксировались все остатки на гнёздах и под ними. Подсчёт количества жертв вёлся по фрагментам черепа (клювы или челюсти) и лапам (лапам и крыльям у птиц).

Мы также обобщили данные по фенологии стервятника на рассматриваемой территории. Для восстановления начала сроков откладки яиц, вылупления и вылета птенцов мы оперировали следующими параметрами: длительность инкубации одного яйца – 42 дня, интервал между откладкой яиц – 5 дней, срок выкармливания 1 птенца с момента вылупления до вылета – 85 дней. У стервятника в Казахстане наблюдается большой разброс сроков выкармливания с момента вылупления до первого полёта – от 70 до 110 дней – и сильно зависит от интенсивности кормления и качества кормов, поэтому средний срок нахождения птенца в гнезде в 85 дней достаточно условен. Возраст птенцов стервятника определялся нами по размерам в соответствии с ранее опубликованными данными (Donázar, Ceballos, 1989), а также по развитию оперения в соответствии с информацией, опубликованной по результатам обработки данных камер видеонаблюдения (Dobrev *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2020; Yordanov *et al.*, 2021). Мы считали птенцов полностью оперёнными с возраста 50 дней и далее для определения возраста ориентировались на длину хвоста, который, начиная со 100 мм, рос в среднем по $4,8 \pm 0,4$ мм в день (от 4,3 до 5,3 мм в день). Между 55 и 65 днями длина хвоста птенцов, измеренных в районе работ, варьировала от 200 до 250 мм.

Простейшую математическую обработку данных осуществляли в MS Excel 2003 и Statistica 10. Для выборок приводятся



Стервятник в гнезде на кладке. Фото Н. Онгарбаева.

*Egyptia Vulture in the nest on the clutch.
Photo by N. Ongarbayev.*

the nest – WC_G100, area of bare ground and rocks within 100 m radius from the nest – WC_B100, improved vegetation index from April to August – EVI, and additional model specific control variables (distances between nearest neighbors – dist.nei, between EV and Golden Eagle nests – dist.Achr), and from EV nests to farms – dist.farm) on nest survival.

Weather variables (average monthly temperature and precipitation from April to August) for nest locations are taken from ERA5-Land Monthly Aggregated – ECMWF Climate Reanalysis (Muñoz Sabater, 2019), environmental variables are from NASADEM (NASA JPL, 2020), MOD13A1.061 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 500m (Didan, 2021), Geomorpho90m (Amatulli *et al.*, 2020), Global Wind Atlas (Badger *et al.*, 2021) and ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga *et al.*, 2021).

The importance of variables was determined by 200 runs of the Random Forest algorithm. Next, we selected the most important variables and included them in linear models for survival analysis.

Daily nest survival rates (DSR) were estimated with the RMARK package (Laake, 2013) in R (version R 4.1.3, R Core Team, 2022). We did not separate the breeding period into incubation and the nestling phases due to the small data samples for incubation phase. We considered the survival of the nest from the moment egg laying began until the nestlings' connection to nests is weakened – on average for 161 days. Reproductive phase, age of eggs or nestlings, along with environmental and

диапазон данных и среднее значение $\pm SD$, если не оговаривается иного. Для сравнения выборок использовался ранговый критерий Вилкоксона (T).

Результаты исследований

Полевые исследования

В ходе полевых исследований 2022 г. были проверены 17 гнездовых участков стервятника, выявленных в 2010 г. Из них 11 участков оказались занятыми, на 5 выявлено успешное размножение. Доля покинутых птицами участков составила 35,29%. На впервые обследованных территориях было выявлено 30 гнездовых участков стервятника, все из которых оказались занятыми птицами, и на 13 из них было успешное размножение в первую июльскую проверку (возраст птенцов менее 50 дней). В сумме за 2022 г. из числа посещенных 47 гнездовых участков стервятника 87,2% занималось птицами и 12,8% было покинуто (табл. 3, рис. 4). Из этих 47 посещенных гнездовых участков стервятника 6 оказались реально новыми, судя по отсутствию заметных следов помёта на присадах и гнёздах. С учётом 41 занятого гнездового участка и 6 покинутых, мы оцениваем численность стервятника на исследованной территории за период с 2010 г. по 2022 г. как стабильную (6 гнездовых участков исчезло, 6 – появилось).

Исчез ряд гнездовых участков стервятника в котловинах центральной части гор, а также в затронутых горными разработками районах и в зоне строительства ветряной электростанции (далее ВЭС) (3 участка). В частности, пропала пара, гнездившаяся напротив предприятия Казфосфат.

weather variables were included in the analysis as unstandardized individual covariates. To see which model fit the data best, we used the built-in AIC values of the MARK program (Burnham, Anderson, 2004; Dinsmore, Dinsmore 2007; Nægeli *et al.*, 2022).

To study diet, all remains found in and under nests were recorded. Amount of prey was counted by skull fragments (beaks or jaws) and paws (paws and wings in birds).

We also summarized data on EV phenology in the study area. To determine the onset of egg-laying, hatching, and nestling flight, we operated with the following parameters: duration of incubation of one egg is 42 days, interval between oviposition is five days, period of feeding one nestling from hatching to flight is 85 days. In Kazakhstan, the EV has a wide range of feeding periods from hatching to first flight, ranging from 70 to 110 days. Its duration depends strongly on feeding intensity and food quality, so the average 85 days that the nestling remains in the nest is rather arbitrary. The age of EV nestlings was determined by size in accordance with previously published data (Donázar, Ceballos, 1989), as well as plumage development in accordance with information obtained by processing wildlife video camera footage (Dobrev *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2020; Yordanov *et al.*, 2021). We considered nestlings to be fully feathered at the age of 50 days and then, to determine age, we assessed tail length which, starting from 100 mm, grew on average 4.8 ± 0.4 mm per day (4.3–5.3 mm a day). Nestling tail length varied between 200 to 250 mm at the age of 55–65 days in the study area.

Basic mathematical data processing was carried out in MS Excel 2003 and Statistica 10.

Табл. 3. Результаты мониторинга и выявления новых гнездовых участков стервятника (*Neophron percnopterus*) в горах Каратау в 2022 г.

Table 3. Results of monitoring and identification of new breeding territories of the Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in the Karatau Mountains in 2022.

	Гнездовые участки Breeding territories	Успешные гнёзда на момент первой проверки Successful nests at the time of first observation	Занятые гнездовые участки, не подтверждённые находкой успешных гнёзд Occupied breeding territories not confirmed by finding successful nests	Покинутые гнездовые участки Abandoned breeding territories
Ранее выявленные гнездовые участки Breeding territories discovered earlier	17	5	6	6
Впервые выявленные гнездовые участки Breeding territories first discovered	30	13	17	0
Всего / Total	47	18	23	6
Доля / Share, %	100	38.3	48.9	12.8

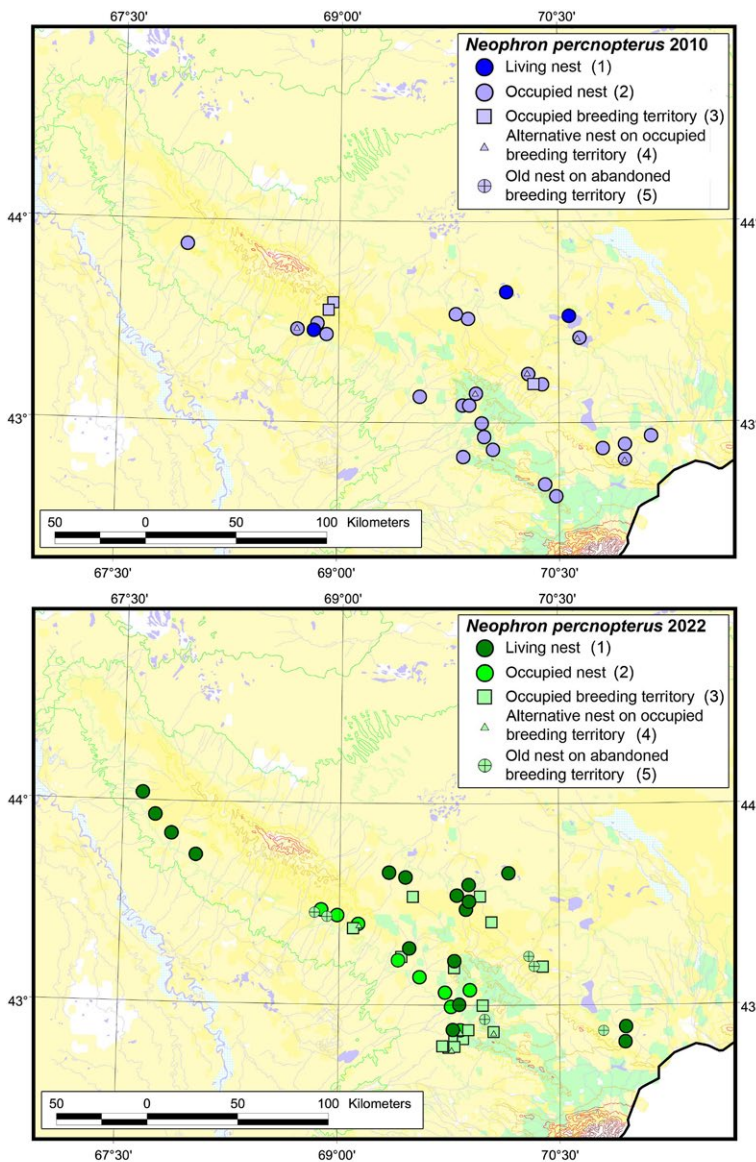


Рис. 4. Гнездовые участки стервятника (*Neophron percnopterus*), осмотренные в горах Каратау (Южный Казахстан) в 2010 г. – сверху, и в 2022 г. – внизу. Условные обозначения: 1 – успешное гнездо, 2 – занятое гнездо, 3 – занятая гнездовая территория, 4 – альтернативное гнездо на занятой территории, старое гнездо на покинутой птицами гнездовой территории.

Fig. 4. Breeding territories of the Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) that were surveyed in the Karatau Mountains (South Kazakhstan) in 2010 – above, and in 2022 – below.

Data range and mean \pm SD are given for samples unless otherwise noted. Samples were compared using the Wilcoxon rank test (T).

Research results

Field research

17 EV breeding territories identified in 2010 were inspected during the 2022 field study. Of these, 11 breeding territories were found to be occupied, and successful breeding was found on five. The proportion of abandoned territories was 35.29%. Thirty EV breeding territories were identified in the areas first surveyed, all of which were occupied by birds, and 13 of them had successful breeding during the first July inspection (nestlings less than 50 days old). In total, out of 47 breeding territories visited by EV in 2022, 87.2% were occupied by birds, and 12.8% were abandoned (Table 3, Fig. 4). Of these 47 surveyed EV breeding territories, six were found to be new, judging by the absence of noticeable droppings on perches and nests. Given 41 occupied breeding territories and six abandoned ones, we estimate that the population of EV in the study area for 2010–2022 is stable (six breeding territories disappeared, six appeared).

A number of EV breeding territories disappeared in the basins of the central part of the mountains, as well as in areas affected by mining and the wind power plant (3 territories). In particular, a pair that nested opposite the Kazphosphate mine disappeared.

The distance between active and old alternative EV nests within the same territory varied from 0.04–1.17 km, on average ($n=7$) 0.49 ± 0.40 km in 2010, to 0.36–2.07 km, on average ($n=5$) 1.06 ± 0.69 km in 2022, averaging 0.73 ± 0.59 km over the entire observation period. As of 2022, a number of pairs moved from the upper reaches of narrow gorges to their exit from the mountains.

Distances between nearest EV neighbors in 2003–2022 varied from 2.10 to 76.82 km,

Дистанция между активными и старыми альтернативными гнёздами стервятника в пределах одного участка изменялась от 0,04–1,17 км, в среднем ($n=7$) $0,49 \pm 0,40$ км в 2010 г., до 0,36–2,07 км, в среднем ($n=5$) $1,06 \pm 0,69$ км в 2022 г., составив в среднем за весь период наблюдений $0,73 \pm 0,59$ км. К 2022 г. произошло смещение ряда пар из верховий узких ущелий к их выходу из гор.

Дистанции между ближайшими соседями стервятника в 2003–2022 гг. варьировали от 2,10 до 76,82 км, составив в среднем ($n=50$) $11,22 \pm 11,59$ км. Если отбросить 6 дальних дистанций между соседями в диапазоне от 17,83 до 76,82 км, на которых возможен пропуск гнездовых участков, мы получим диапазон дистанций от 2,10 до 15,96 км, в среднем ($n=44$) $8,15 \pm 3,91$ км. Дистанции изменялись от 3,56–15,96 км, в среднем ($n=17$) $8,54 \pm 3,68$ км (медиана 7,61 км)

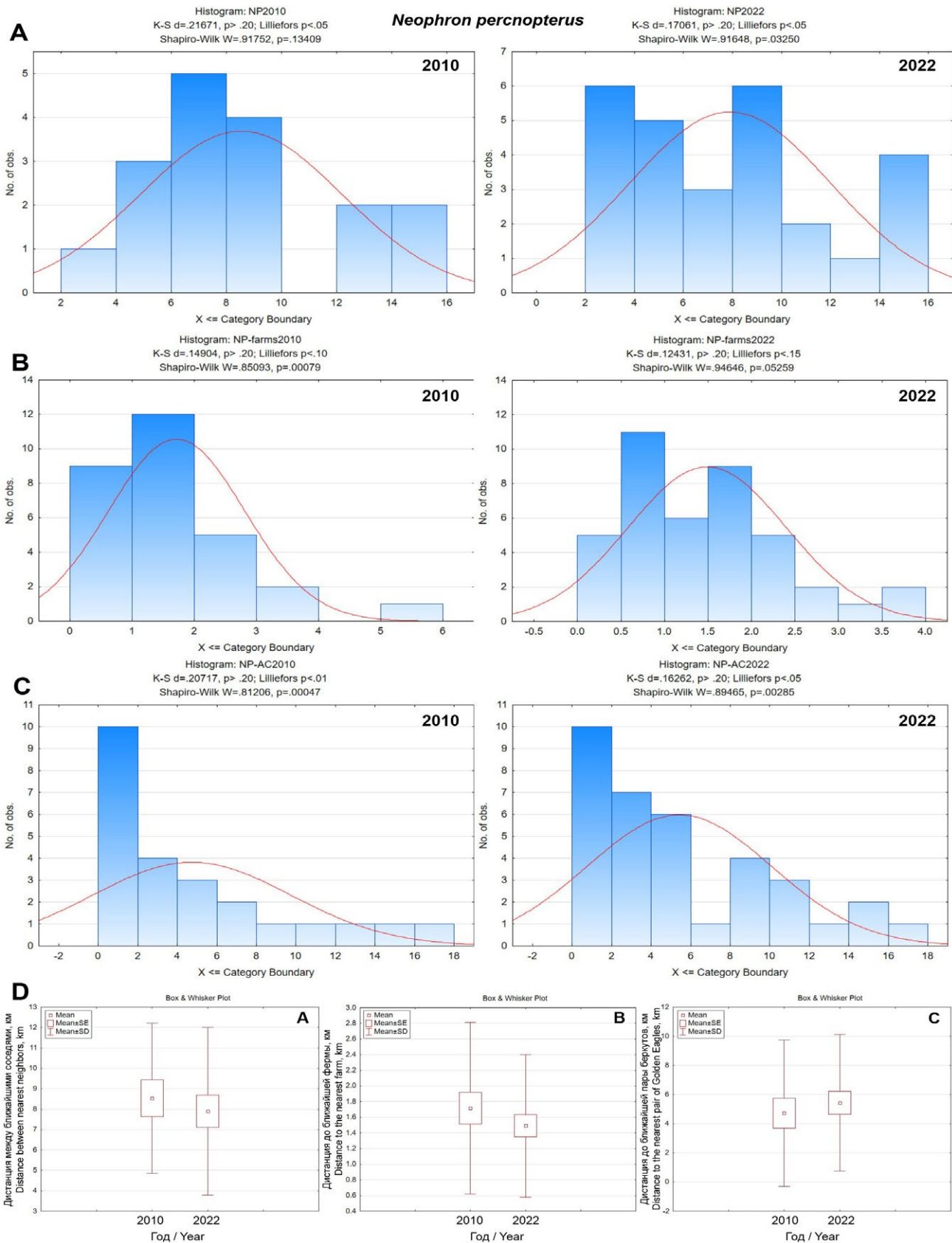


Рис. 5. Дистанции (в км): между ближайшими соседями стервятника – А (слева – в 2010 г. и справа – в 2022 г.), от гнезд стервятника до ближайших ферм – В (слева – в 2010 г. и справа – в 2022 г.), от гнезд стервятника до гнезд и точек регистрации пар беркутов (*Aquila chrysaetos*) – С (слева – в 2010 г. и справа – в 2022 г.), разница средних ($M \pm SD$) выше перечисленных дистанций в 2010 г. и 2022 г. – D.

Fig. 5. Distances (in km): between the nearest neighbors of the Egyptian Vulture – A (left – in 2010 and right – in 2022), from the Egyptian Vulture nests to the nearest farms – B (left – in 2010 and right – in 2022), from Egyptian Vulture nests to nests and registration points of Golden Eagle pairs (*Aquila chrysaetos*) – C (on the left – in 2010 and on the right – in 2022), the difference in the average ($M \pm SD$) above the listed distances in 2010 and 2022 – D.

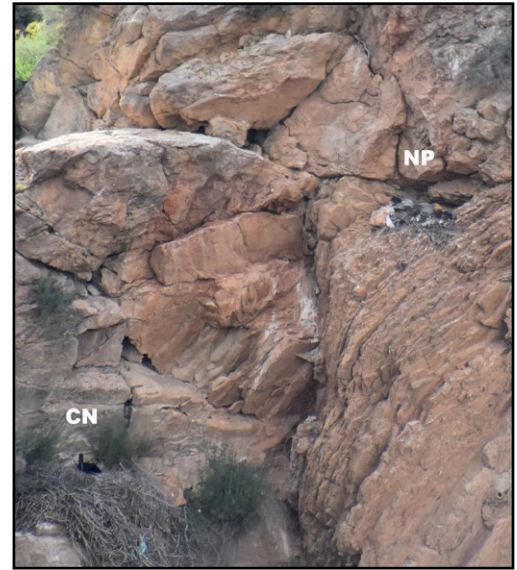
в 2010 г., до 2,10–15,53 км, в среднем ($n=27$) $7,90 \pm 4,11$ км (медиана 7,44 км) в 2022 г. (рис. 5), причём с надёжной разницей между средними ($T=0$, $Z=3,62$, $p=0,00029$). Т.е. стервятники в 2022 г. стали гнездиться чуть ближе друг к другу, чем в 2010 г.

Мы измерили дистанции от гнезд стервятника до ближайших ферм и от гнезд до точек регистрации пар беркутов (рис. 5) и обнаружили, что стервятники стали гнездиться ближе к фермам и дальше дистанцироваться от беркутов в 2022 г., нежели в 2010, но без значимой разницы средних (рис. 5). Дистанции от гнезд стервятника до ферм изменялись от 0,54–5,48 км, в среднем ($n=29$) $1,72 \pm 1,1$ км в 2010 г., до 0,13–3,96 км, в среднем ($n=41$) $1,49 \pm 0,91$ км в 2022 г., составив в среднем за весь период наблюдений ($n=70$) $1,58 \pm 0,99$ км. Дистанции от гнезд стервятника до точек регистрации пар беркутов, за вычетом 11 дистанций в диапазоне от 18,79 до 39,18 км, на которых возможен пропуск беркутиных участков, изменялись от 0,27–16,64 км, в среднем ($n=24$) $4,73 \pm 5,02$ км в 2010 г., до 0,10–16,15 км, в среднем ($n=35$) $5,43 \pm 4,67$ км в 2022 г., составив в среднем за весь период наблюдений ($n=59$) $5,14 \pm 4,79$ км.

Стервятник терпимо относится ко многим видам, часто дистанцируя свои гнезда на 5–27 м от жилых гнезд чёрного аиста (*Ciconia nigra*), белоголового сипа (*Gyps fulvus*), змееяда (*Circaetus gallicus*) и филина (*Bubo bubo*). Причём филин является достаточно серьёзным хищником, уничтожающим других хищных птиц, и можно предполагать, что стервятник также терпит от него урон. Но два гнезда стервятника, располагавшиеся в 8 и 12 м от успешных гнезд филина, также оказались успешными, причём, в том числе в зависимый послегнездовой период слётков до начала миграции (эти слётки были помечены трекерами, поэтому их судьба была известна).

В 2010 г. было осмотрено 18 гнезд стервятника (включая старые гнезда): 15 – в горах Каратау и 3 – на чинках предгорий. Высота расположения гнезд в Каратау и его предгорьях варьировала от 4 до 200 м, составляя в среднем $53,06 \pm 54,9$ м ($n=18$, рис. 6). В 66,67% случаев гнезда располагались в верхней трети скалы, в 22,22% – в середине и в 11,11% – в нижней трети (рис. 7). Все гнезда были устроены в нишах ($n=18$, рис. 7).

В 2022 г. было осмотрено 30 гнезд стервятника (включая старые гнезда): 27 – в го-



Жилые гнезда стервятника (NP) и чёрного аиста (*Ciconia nigra*) (CN) на одной скале в 5 м друг от друга. Фото И. Карякина.

Living nests of the Egyptian Vulture (NP) and the Black Stork (*Ciconia nigra*) (CN) on the same cliff, 5 m from each other. Photo by I. Karyakin.

averaging ($n=50$) $11,22 \pm 11,59$ km. If we discard six long distances between neighbors ranging from 17.83 to 76.82 km, where it is possible to skip breeding territories, then we get a range of distances from 2.10 to 15.96 km, on average ($n=44$) $8,15 \pm 3,91$ km. Distances varied from 3.56–15.96 km, on average ($n=17$) $8,54 \pm 3,68$ km (median 7.61 km) in 2010, to 2.10–15.53 km, on average ($n=27$) $7,90 \pm 4,11$ km (median 7.44 km) in 2022 (Fig. 5), and with a reliable difference between the means ($T=0$, $Z=3,62$, $p=0,00029$). Thus, EVs in 2022 began nesting a little closer to each other than in 2010.

We measured the distances from EV nests to nearby farms and nests and registration points for Golden Eagle pairs (Fig. 5) and found that EVs nested closer to farms and distanced themselves further from Golden Eagles in 2022 than in 2010, but without a significant average difference (Fig. 5). Distances from EV nests to farms ranged from 0.54–5.48 km, on average ($n=29$) $1,72 \pm 1,1$ km in 2010, to 0.13–3.96 km, on average ($n=41$) $1,49 \pm 0,91$ km in 2022, averaging ($n=70$) $1,58 \pm 0,99$ km for the entire observation period. Distances from EV nests to nests and registration points of Golden Eagle pairs, minus 11 distances in the range from 18.79 to 39.18 km, where it is possible to miss Golden Eagle sites, varied from 0.27–16.64 km, on average ($n=24$) $4,73 \pm 5,02$ km in 2010, up to 0.10–16.15 km, on average ($n=35$) $5,43 \pm 4,67$ km in 2022, averaging at ($n=59$)

рах Каратау и 3 – на чинках предгорий. Высота расположения гнёзд в Каратау и его предгорьях варьировала от 2,5 до 150 м, составляя в среднем $15,34 \pm 26,72$ м ($n=29$, рис. 6). В 44,83% случаев гнёзда располагались в верхней трети скалы, в 41,38% – в середине и в 13,79% – в нижней трети ($n=29$, рис. 7). В нишах были устроены 83,33% гнёзд и 16,67% – на полках ($n=30$, рис. 7).

В целом за 2010 г. и 2022 г. собраны характеристики 44 гнёзд стервятника (включая старые гнёзда): 39 – в горах Каратау и 5 – на чинках предгорий. Высота расположения гнёзд в Каратау и его предгорьях варьировала от 2,5 до 200 м, составляя в среднем $28,40 \pm 41,18$ м ($n=43$, рис. 6), причём в 2022 г. высота расположения обследованных гнёзд была достоверно ниже, чем в 2010 г. ($T=17$, $Z=2,98$, $p=0,003$), что связано с прекращением гнездования

5.14 ± 4.79 km over the entire observation period.

EV is tolerant of many species, often distancing its nests by 5–27 m from inhabited nests of Black Stork (*Ciconia nigra*), Eurasian Griffon (*Gyps fulvus*), Short-Toed Eagle (*Circaetus gallicus*), and Eagle Owl (*Bubo bubo*). Moreover, the Eagle Owl is a fairly serious predator that kills other raptors, and it can be assumed that EV also suffers damage from it. But two EV nests, located 8 and 12 m from the successful nests of the Eagle Owl, also turned out to be successful, even in the dependent post-nesting period of fledglings before the start of migration (these fledglings were marked with trackers, so their fate was known).

In 2010, 18 EV nests were examined (including old ones): 15 in the Karatau mountains and 3 in the foothills. Nesting height in Karatau and its foothills ranged from 4 to 200 m, averaging 53.06 ± 54.9 m ($n=18$, Fig. 6). In 66.67% of cases nests were located in the upper third of the cliff rock, in 22.22% – in the middle, and in 11.11% – in the lower third (Fig. 7). All nests were built in niches ($n=18$, Fig. 7).

By 2022, 30 Egyptian Vulture nests were examined (including old nests): 27 in the Karatau mountains and 3 in foothills. Nest height in Karatau and its foothills ranged from 2.5 to 150 m, averaging 15.34 ± 26.72 m ($n=29$, Fig. 6). In 44.83% of cases nests were located in the upper third of the cliff, in 41.38% – in the middle, and in 13.79% – in the lower third ($n=29$, Fig. 7). 83.33% of nests were arranged in niches, and 16.67% – on shelves ($n=30$, Fig. 7).

The characteristics of 44 EV nests (including old nests) were collected overall for 2010 and 2022: 39 in the Karatau mountains and 5 in the foothills. Nest height in Karatau and its foothills varied from 2.5 to 200 m, averaging 28.40 ± 41.18 m ($n=43$, Fig. 6), and moreover, in 2022, the height of surveyed nests was significantly lower than in 2010 ($T=17$, $Z=2.98$, $p=0.003$), which is associated EVs ceasing nesting on high rocks in the axial part of Karatau, bird pair movement from high rocks to lower ones within the same gorges on the forward mountain folds and the discov-

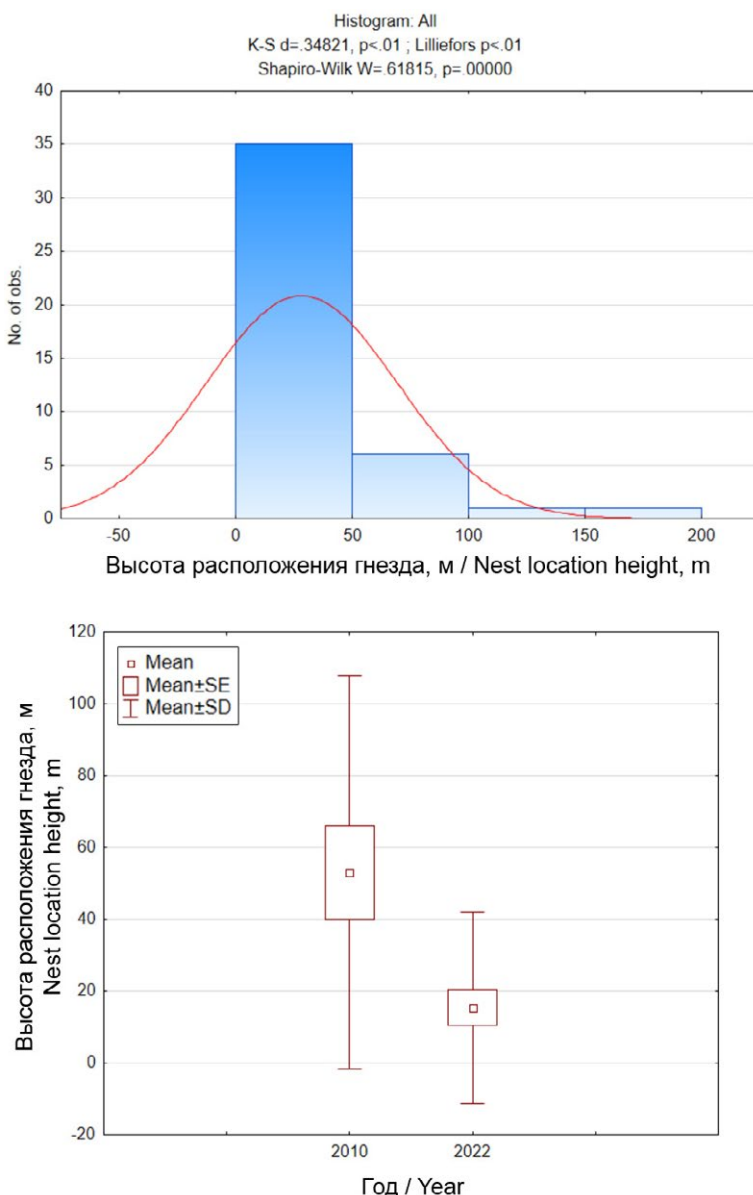


Рис. 6. Высота устройства гнёзд стервятника на скалах в 2010 г. и 2022 г.

Fig. 6. The height of the Egyptian Vulture nest locations on the cliffs in 2010 and 2022.

стервятника на высоких скалах в осевой части Каратау, перемещением пар с высоких скал на более низкие в пределах тех же ущелий на передовых складках гор и находкой новых гнёзд в небольших ущельях предгорий. В 55,81% случаев гнёзда располагались в верхней трети скалы, в 30,23% – в середине и в 13,95% – в нижней трети ($n=43$, рис. 7). В нишах были устроены 88,64% гнёзд и 11,36% – на полках ($n=44$, рис. 7), причём появление гнёзд на полках – это явно новое явление, также связанное с перемещением гнездящихся пар на более низкие скалы. Возможно, часть гнёзд на полках являлась старыми постройками курганника (*Buteo rufinus*), которые стервятник просто занял по причине отсутствия конкуренции с курганниками, покинутыми многие участки в Каратау из-за депрессии численности грызунов.

Таким образом, в горах и предгорьях Каратау стервятник тяготеет к нишам, расположенным в верхней части скальных массивов, выбирая отвесные, но часто невысокие скалы.

В 2022 г. из 13 успешных в начале июля гнёзд к моменту вылета птенцов осталось только 10 успешных – в 3-х гнёздах вывод-

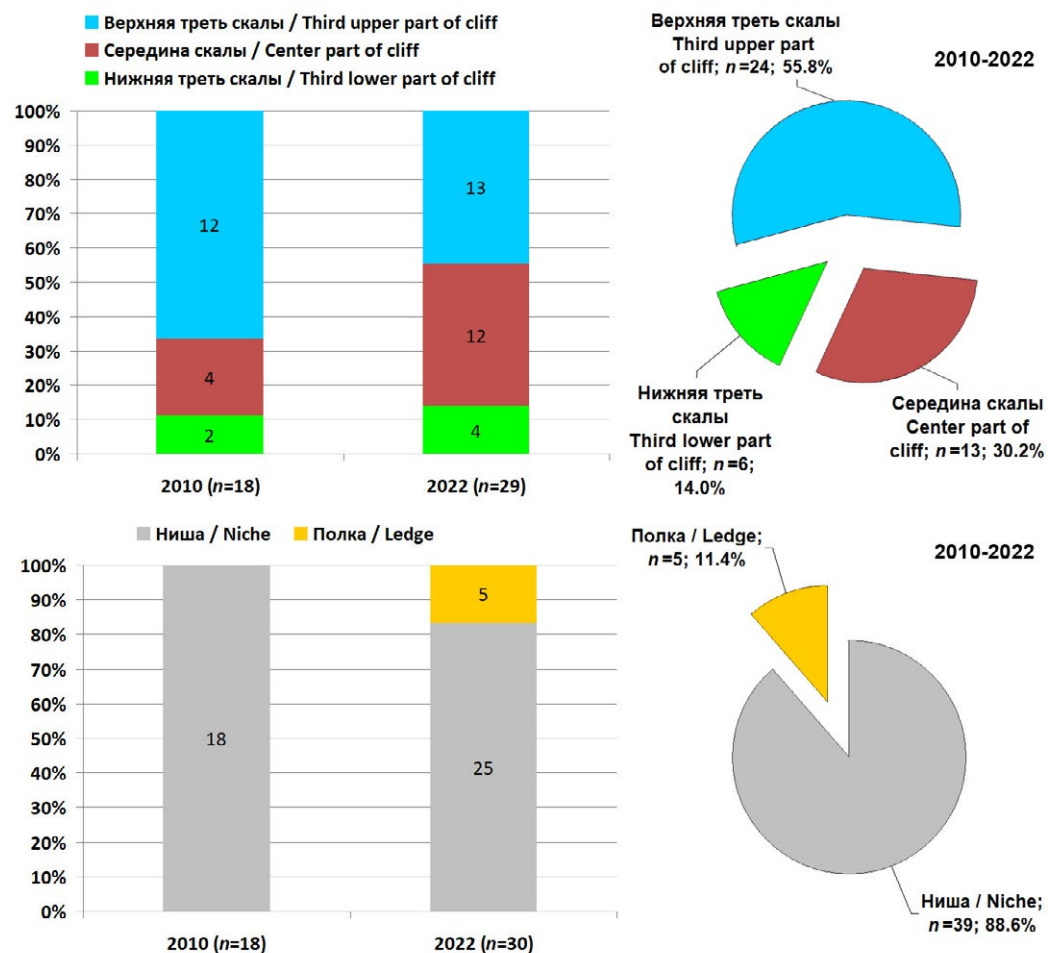
ерия of new nests in small gorges in foothills. In 55.81% of cases, nests were located in the upper third of the rock, in 30.23% – in the middle, and in 13.95% – in the lower third ($n=43$, Fig. 7). 88.64% of nests were built in niches and 11.36% nests on shelves ($n=44$, Fig. 7). The appearance of nests on shelves is clearly a new phenomenon, also associated with the movement of nesting pairs to lower rocks. It is possible that EV simply occupied some shelf nests built by Long-Legged Buzzard (*Buteo rufinus*) due to lack of competition when the buzzards left many areas in Karatau in response to the depressed rodent population.

Thus, EV gravitate to niches located in the upper part of rock masses, choosing sheer, but often not high rocks in the Karatau mountains and foothills.

Of the 13 successful nests in early July 2022, only ten successful nests remained by the time the nestlings took flight. In three nests, broods were completely lost due to predation by Golden Eagle. Also, two nestlings (elder and middle) were lost due to predation in a clutch of three nestlings. In one nest, nestlings died shortly after hatching after birdwatchers visited the nest to take pictures of the birds.

Рис. 7. Характер устройства гнёзд стервятника в горах Каратау в 2010 г. и 2022 г.

Fig. 7. The Egyptian Vulture nest locations in the Karatau mountains in 2010 and 2022.



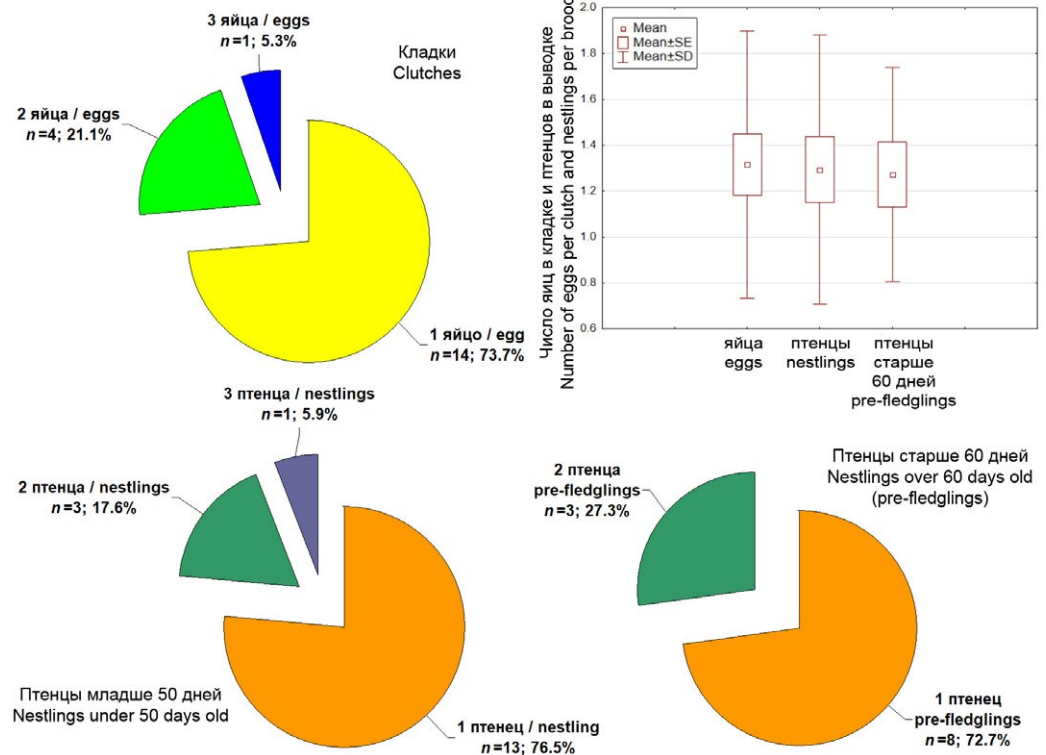


Варианты расположения гнёзд стервятника на обследованной территории: гнездо внутри глубокой ниши (вверху слева), небольшое гнездо в нише горизонтальной щели (вверху справа), крупное открытое гнездо в вертикальной щели (2-й ряд сверху слева), гнёзда в нишах скальных обнажений (2-й ряд сверху справа и 3-й ряд сверху), гнездо на полке под навесом (внизу слева) и гнездо в полунише (внизу справа). Фото И. Карякина и Г. Пуликовой.

Egyptian Vulture nest locations in the surveyed area: nest inside a deep niche (upper at the left), small nest in the niche of horizontal crack (upper at the right), large open nest in the vertical crack (2nd row from top left), nests in niches of cliff outcrops (2nd row from top right and 3rd row from top), a nest on a shelf under a canopy (bottom at the left) and nest in the half-niche (bottom at the right). Photos by I. Karyakin and G. Pulikova.

Рис. 8. Размеры кладок и выводков стервятника в Каратау по результатам исследований 2010 г. и 2022 г.

Fig. 8. The Egyptian Vulture clutch and brood sizes according to research results in 2010 and 2022.



ки полностью погибли в результате хищничества беркута (*Aquila chrysaetos*). Также по причине хищничества отмечена гибель 2-х птенцов (старшего и среднего) в выводке из 3-х птенцов. В одном гнезде птенцы погибли сразу же после вылупления после посещения гнезда бедвотчерами с целью фотографирования птиц.

Из 19 гнёзд, содержимое которых проверялось как минимум трижды за сезон (1 гнездо в 2010 г. и 18 гнёзд в 2022 г.), 11 гнёзд оказались успешными (57,89%). Из 25 яиц в начале сезона вылупилось 22 птенца и вылетело 14. Число яиц на активное гнездо ($n=19$) составило $1,32 \pm 0,58$ (от 1 до 3). Число птенцов на успешное гнездо в начале июля ($n=17$) составило $1,29 \pm 0,59$ (от 1 до 3), в конце июля ($n=11$) – $1,27 \pm 0,47$ (от 1 до 2). Число птенцов на активное гнездо в конце июля ($n=19$) составило $0,74 \pm 0,73$ (от 0 до 2) (рис. 8).

Стервятники появляются на гнездовых участках с самых последних чисел марта, до 20 апреля и сразу же приступают к гнездостроению и копуляциям. Начало кладки в гнёздах стервятника наблюдалось в достаточно сжатый период – с 13 по 25 апреля, в среднем ($n=19$) 20 апреля ± 3 дня, птенцы начинали вылупляться с 25 мая по 6 июня, в среднем ($n=17$) 1 июня ± 4 дня. Даты вылета птенцов из обследованных гнёзд мы рассчитываем в среднем в период с 18 по 30 августа, однако при интенсивном кормлении вылет возможен

Of 19 nests checked at least three times per season (one in 2010 and 18 nests in 2022), 11 nests were successful (57.89%). Of 25 eggs, 22 nestlings hatched and 14 fledged at the beginning of the season. The number of eggs per active nest ($n=19$) was 1.32 ± 0.58 (from 1 to 3). The number of nestlings per successful nest in early July ($n=17$) was 1.29 ± 0.59 (from 1



Птенцы стервятника в гнезде. Фото И. Карякина.

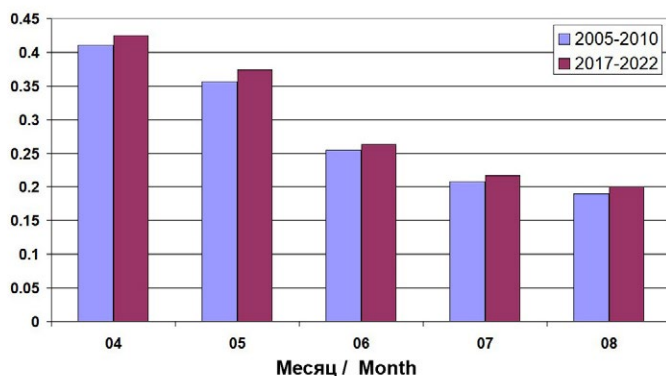
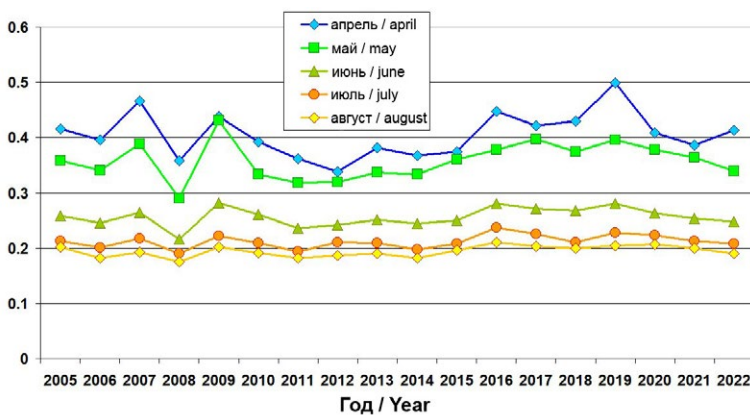
Egyptian Vulture nestlings in the nest.
Photo by I. Karyakin.

в диапазоне от 70 до 80 дней, а значит, наиболее ранние слётки могут появляться у гнёзд уже с 3 по 15 августа, но вряд ли это является нормой. Отлёт происходит в сентябре. Наиболее поздняя регистрация взрослого стервятника в горах Каратау отмечена нами 21 сентября 2022 г. около Жанатаса.

Динамика качества местообитаний

Анализ NDVI в летние месяцы (апрель – август) с 2005 по 2022 гг. показал отсутствие каких-либо значимых трендов на гнездовых участках стервятника, но, в то же время, среднемесячные, а следовательно, и среднелетние показатели за 2005–2010 гг. были стабильно меньше таковых в 2017–2022 гг. (рис. 9), что обусловлено в основном засухами 2006 г. и 2008 г. и влажным 2019 г. (рис. 10). В целом сумма осадков летом 2017–2022 гг. была выше на 6,5%, чем в 2005–2010 гг. Наиболее серьёзные негативные последствия для растительности на участках стервятника были вызваны августовским снижением осадков в 2006 (0,03 мм) и 2012 (0,67 мм) гг. и общим низким уровнем осадков в течение лета в 2006 (103,25 мм), 2008 (88,39 мм), 2012 (71,35 мм) и 2021 (97,44 мм) гг.

Анализ поверхности в Dynamic World для периода 2017–2022 гг. показал хоть и не критичные, но более очевидные, чем в



Погибшее яйцо стервятника. Фото И. Карякина.
Dead egg of the Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

to 3), at the end of July ($n=11$) – 1.27 ± 0.47 (from 1 to 2). The number of nestlings per active nest at the end of July ($n=19$) was 0.74 ± 0.73 (from 0 to 2) (Fig. 8).

EV appear on nesting sites in the last days of March through 20 April and immediately begin nest building and copulation. The beginning of laying was observed in nests over a rather short period, 13–25 April, on average ($n=19$) $20/04 \pm 3$ days. Nestlings began to hatch 25 May–6 June, on average ($n=17$) $01/06 \pm 4$ days. We calculate fledging dates from surveyed nests to occur, on average, 18–30 August, however, with intensive feeding, departure is possible in 70 to 80 days, meaning that the earliest fledglings may appear at nests already as early as 3–5 August, but this is hardly the norm. Departure takes place in September. The latest record of an adult vulture in the Karatau mountains was noted by us on 21 September 2022 near Zhanatas.

Habitat quality dynamics

NDVI analysis during summer months (April – August) from 2005 to 2022 showed the ab-

Рис. 9. Динамика NDVI на гнездовых участках стервятника в радиусе 2 км от гнёзд в 2005–2022 гг.

Fig. 9. NDVI dynamic on the Egyptian Vulture breeding territories within a radius of 2 km from the nests in 2005–2022.

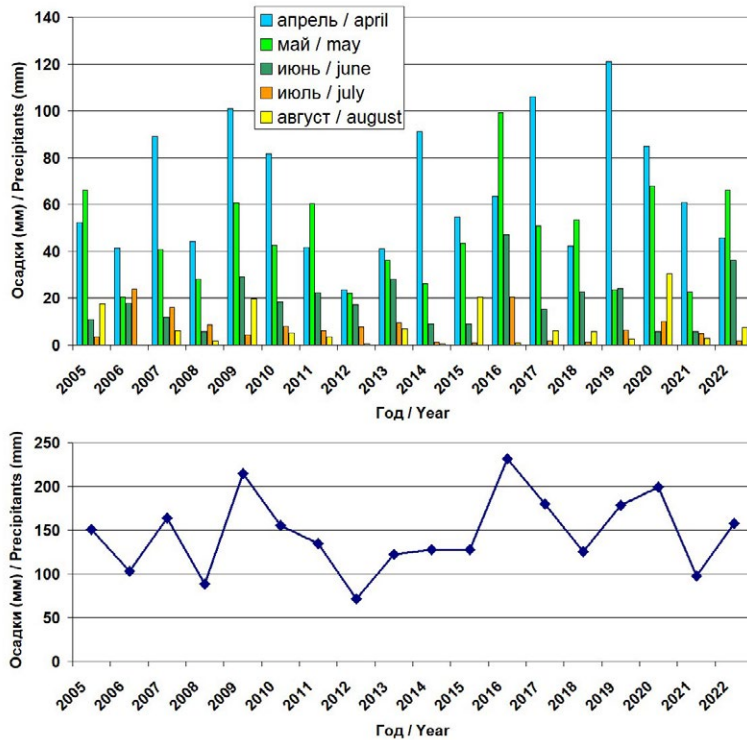


Рис. 10. Динамика объёма осадков (в мм) на гнездовых участках стервятника в радиусе 2 км от гнёзд в 2005–2022 гг.

Fig. 10. Dynamics of precipitation volume (in mm) on the Egyptian Vulture breeding territories within a radius of 2 km from the nests in 2005–2022.

sence of any significant trends in EV breeding territories, but at the same time, the average monthly and, consequently, average summer indicators for 2005–2010 were consistently lower than those in 2017–2022 (Fig. 9), mainly due to droughts in 2006 and 2008 and a wet 2019 (Fig. 10). In general, the amount of precipitation in the summer of 2017–2022 was higher by 6.5% than in 2005–2010. The most severe negative effects on vegetation in EV breeding territories were caused by August decreases in precipitation in 2006 (0.03 mm) and 2012 (0.67 mm), and the general low level of precipitation during the summer in 2006 (103.25 mm), 2008 (88.39 mm), 2012 (71.35 mm), and 2021 (97.44 mm).

Surface analysis in Dynamic World for the period 2017–2022 showed, although not critical, but more obvious than in NDVI, changes in the area of habitat classes within a radius of 2 km from EV nests. Water surface area decreased by 21.46%, from 0.25 km² in 2017 to 0.17 km² in 2022, and tree vegetation decreased by 37.38%, from 0.97 km² in 2017 to 0.72 km² in 2022. The largest reduction

NDVI, изменения в площади классов местообитаний в радиусе 2 км от гнёзд стервятника. Площадь водной поверхности сократилась на 21,46%, с 0,25 км² в 2017 г. до 0,17 км² в 2022 г., а площадь древесной растительности – на 37,38%, с 0,97 км² в 2017 г. до 0,72 км² в 2022 г. Наибольшее сокращение площадей коснулось территорий, покрытых травяной растительностью – в 1,9 раз, с 3,82 км² в 2017 г. до 2,02 км² в 2022 г. (линейный тренд $R^2=0,79$). Причём максимальные потери произошли именно в 2022 г. И это всё на фоне большего увлажнения в апреле–мае. Площадь открытой земли соответственно увеличилась тоже в 1,9 раз с 3,45 км² в 2017 г. до 6,49 км² в 2022 г. (линейный тренд $R^2=0,66$).

На фоне сокращения площадей естественной травяной растительности на гнездовых участках стервятника незначительно увеличилась площадь культур и сенокосов, но, тем не менее, это не сказалось на общем тренде увеличения площади открытой земли по среднелетним показателям – до 24% от площади участков в радиусе 2 км от гнёзд стервятника (рис. 11). При этом за этот же период NDVI суммарно вырос с 0,28 до 0,30 и мы видим достаточно хорошую корреляцию показателей NDVI в апреле – мае с объёмом осадков в апреле (табл. 4). Объяснить этот разнонаправленный тренд можно тем, что на гнездовых участках стервятников, расположенных в среднем в 1,58 км от ферм (см. выше), рост площадей голой земли обусловлен скотосбоями, которые формирует



Скалистое ущелье передовых складок гор Карату – типичный гнездовой биотоп стервятника.
Фото И. Карякина.

The rocky gorge of the front slope of the Karatu Mountains is a typical nesting biotope of the Egyptian Vulture.
Photo by I. Karyakin.

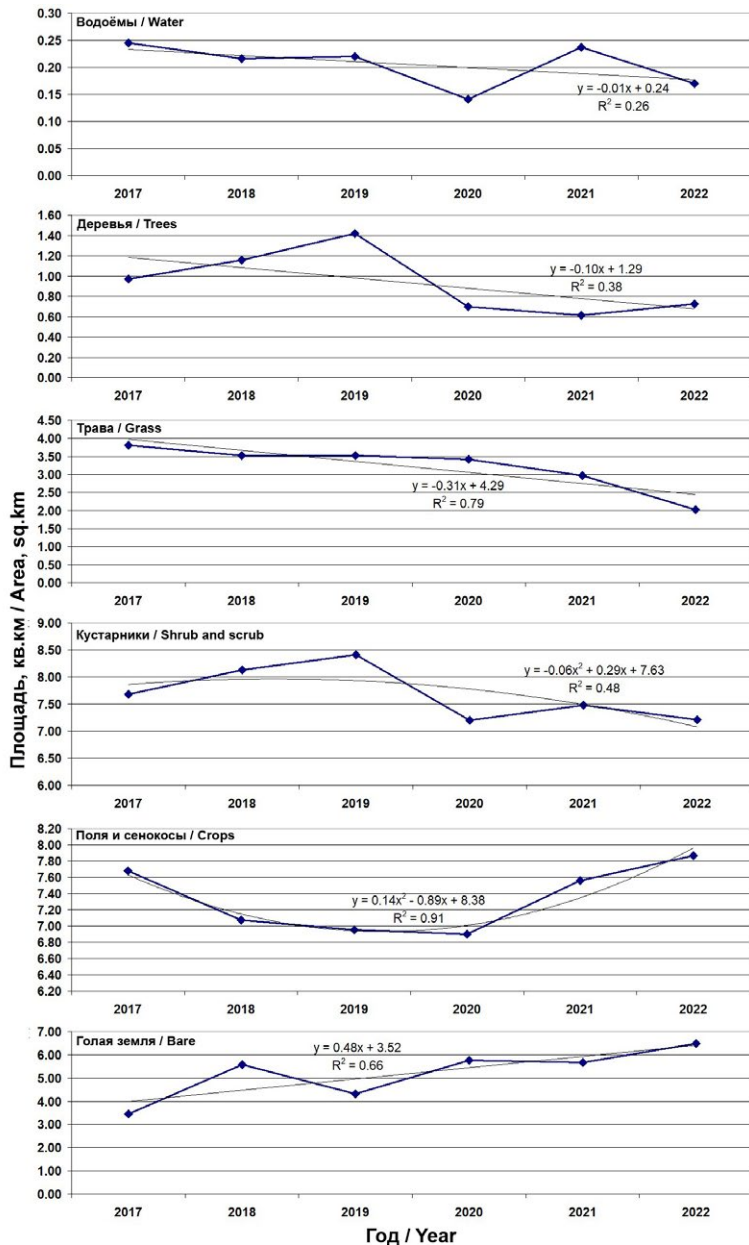


Рис. 11. Динамика площади различных биотопов на гнездовых участках стервятника в радиусе 2 км от гнёзд в 2017–2022 гг.

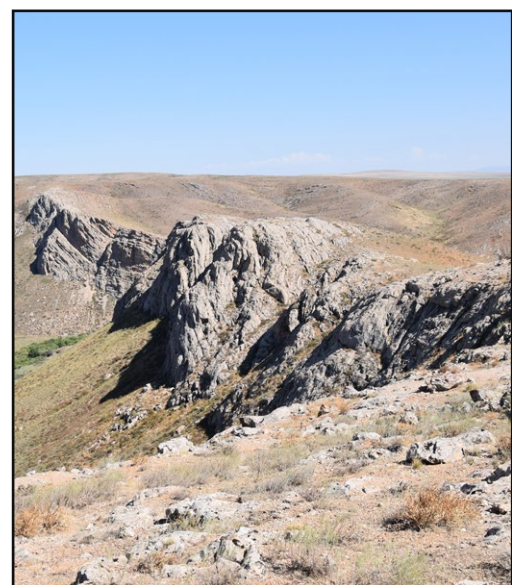
Fig. 11. Dynamic of the various biotope areas in the Egyptian Vulture breeding territories within a radius of 2 km from the nests in 2017–2022.

affected areas covered with grass vegetation: declining by 1.9 times from 3.82 km² in 2017 to 2.02 km² in 2022 (linear trend $R^2=0.79$). Moreover, maximum losses occurred in 2022, and all this amid increased moisture levels in April – May. Open land, respectively, also increased 1.9 times from 3.45 km² in 2017 to 6.49 km² in 2022 (linear trend $R^2=0.66$).

Amid the reduction in areas of natural grassy vegetation on EV breeding territories, the area of crops and hayfields slightly increased, but, nevertheless, this did not affect the general trend of increasing the area of open land according to average summer indicators – up to 24% of the area within a radius of 2 km from EV nests (Fig. 11). Over the same period, NDVI increased from 0.28 to 0.30 in total, and we see a fairly good correlation of NDVI indicators in April – May with the amount of precipitation in April (Table 4). This multidirectional trend can be explained by the fact that the increase in the area of bare land in EV breeding territories, located on average 1.58 km from farms (see above), is due to overgrazing, caused by

растущее поголовье скота. Несмотря на сокращение площади естественных травостоев, которые к концу лета активно стравливаются скотом вокруг ферм, рост увлажнения приводит к увеличению растительной массы и большому её насыщению хлорофиллом, что увеличивает показатели NDVI. Таким образом, наращивание растительной массы по причине большего увлажнения территории нивелируется увеличением пастбищной нагрузки. Возможно, свой вклад вносит и начавшаяся в 2017–2018 гг. и длящаяся до сих пор депрессия численности грызунов: грызуны не уничтожают растительность на склонах, недоступных для скота, что сказывается на стабильности показателей NDVI на фоне увеличения площади скотосбоев.

Учитывая отсутствие критических изменений в местообитаниях стервятника мы



Крутые скальные обнажения среди пастбищ – типичные места гнездования стервятника.
Фото И. Карякина.

Steep cliffs among the pastures are typical nesting sites for the Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

Табл. 4. Показатели корреляции Спирмена (r) при $p < 0,05$ для NDVI в апреле – мае и объёме осадков в апреле для гнездовых участков стервятника в 2005–2022 гг. по космоснимкам MODIS (продукты ERA5 – повторный анализ климата ECMWF и MOD13A1.061 Terra Vegetation Indices): жирным шрифтом выделены существенные корреляции, курсивом – несущественные.

Table 4. Spearman's correlation indices (r) at $p < 0.05$ for NDVI in April – May and precipitation in April for Vulture breeding territories in 2005–2022 based on MODIS satellite images (ERA5 products – climate reanalysis ECMWF and MOD13A1.061 Terra Vegetation Indices): significant correlations are in bold, insignificant ones in italics.

NDVI	Осадки Precipitation	R	NDVI	Осадки Precipitation	R
04-2005	04-2005	0.79	04-2014	04-2014	0.77
05-2005	04-2005	0.77	05-2014	04-2014	0.79
04-2006	04-2006	0.85	04-2015	04-2015	0.71
05-2006	04-2006	0.81	05-2015	04-2015	0.79
<i>04-2007</i>	<i>04-2007</i>	<i>0.59</i>	<i>04-2016</i>	<i>04-2016</i>	<i>0.54</i>
05-2007	04-2007	0.78	<i>05-2016</i>	<i>04-2016</i>	<i>0.52</i>
04-2008	04-2008	0.83	<i>04-2017</i>	<i>04-2017</i>	<i>0.62</i>
05-2008	04-2008	0.77	05-2017	04-2017	0.78
04-2009	04-2009	0.76	04-2018	04-2018	0.76
05-2009	04-2009	0.87	05-2018	04-2018	0.73
04-2010	04-2010	0.85	04-2019	04-2019	0.73
05-2010	04-2010	0.86	05-2019	04-2019	0.70
<i>04-2011</i>	<i>04-2011</i>	<i>0.61</i>	04-2020	04-2020	0.78
<i>05-2011</i>	<i>04-2011</i>	<i>0.63</i>	05-2020	04-2020	0.74
04-2012	04-2012	0.72	04-2021	04-2021	0.70
<i>05-2012</i>	<i>04-2012</i>	<i>0.69</i>	05-2021	04-2021	0.72
04-2013	04-2013	0.77	<i>04-2022</i>	<i>04-2022</i>	<i>0.64</i>
05-2013	04-2013	0.76	<i>05-2022</i>	<i>04-2022</i>	<i>0.56</i>

не стали разделять наборы данных 2010 и 2022 гг. для дальнейшего анализа и моделирование распространения проводили по снимкам 2022 г.

Моделирование распространения

Как показал анализ средних значений ДДЗЗ для точек гнёзд стервятника посредством t-критерия Стьюдента, особенности среды обитания на гнездовых участках стервятника значительно отличались от таковых случайных точек. Гнёзда располагались ближе к фермам, на более крутых склонах, в более пересечённой местности, на участках с большей скоростью ветра на высоте 10 м и давлением ветра на высотах от 10 до 100 м, чем случайные точки. Что касается структуры растительности, то стервятники гнездились в местах с меньшим процентом кустарников, чем в случайных участках, но по площадям открытой земли и скал, а также травянистой

growing livestock numbers. Despite the reduction in the area of actively grazed natural vegetation around farms by livestock, by the end of summer an increase in moisture leads to an increase in plant mass and its greater saturation with chlorophyll, which increases NDVI. Thus, the increase in plant mass due to greater moisture in the territory is offset by an increase in pasture load. Perhaps an ongoing contributing factor is the still ongoing depression in rodent populations that started in 2017–2018. Rodents do not destroy vegetation on slopes that are inaccessible to livestock, which affects the stability of NDVI indicators amid an increase in the area of livestock grazing.

Given the absence of critical changes in vulture habitats, we did not separate the 2010 and 2022 datasets for further analysis. Distribution modeling was carried out using images from 2022.

Distribution modeling

As shown by analysis of the average ERSD values for EV nesting points using the Student's t-test, habitat features in EV breeding territories differed significantly from those of random points. Nests were located closer to farms, on steeper slopes, in more rugged terrain, in areas with greater wind speed at 10 m and wind pressure at 10 to 100 m than random sites.

As for the structure of vegetation, EVs nested in places with a smaller percentage



Гнездовая скала стервятников в горах Каратау.
Фото И. Карякина.

Nesting cliff of the Egyptian Vulture in the Karatau mountains. Photo by I. Karyakin.

растительности принципиальных различий не выявлено (табл. 5).

Несмотря на то, что важность высоты над уровнем моря (elevation) не была показана в сравнении со случайными точками, она является фактором, ограничивающим вертикальное распространение вида и проникновение его в горы Таласского Алатау. Все известные гнёзда стервятника были найдены нами в диапазоне высот от 358 до 1308 м, а средняя высота расположения гнёзд и точек присутствия птиц с гнездовым поведением составила ($n=79$) $679,89 \pm 218,11$ м. Анализ данных любителей птиц из различных датасетов (Амирекул и др., 2022; Ukolov et al., 2019; Karyakin et al., 2020; Auer et al., 2022; iNaturalist, 2022; de Vries, Lemmens, 2022) показал, что стервятник встречается в гнездовой период в диапазоне высот от 322 до 1675 м, в среднем ($n=72$) на высоте $787,69 + 342,53$ м. То есть 1675 м – это предельная высота регистраций птиц в летний период, которые можно отнести к гнездовым.

of shrubs than in random areas, but no fundamental differences were found in areas of open land and rocks, as well as herbaceous vegetation (Table 5).

Although the importance of elevation has not been established in comparison with random points, it is a factor limiting the vertical distribution of EV and its entry into Talas Alatau mountains. All known EV nests were found at elevations ranging from 358 to 1,308 m, and the average height of nest location and presence points of birds with nesting behavior was ($n=79$) 679.89 ± 218.11 m. Analysis of data obtained by birdwatchers from various datasets (Amirekul et al., 2022; Ukolov et al., 2019; Karyakin et al., 2020; Auer et al., 2022; iNaturalist, 2022; de Vries and Lemmens, 2022) showed that EVs occur at breeding heights from 322 to 1,675 m, on average ($n=72$) at an altitude of $787.69 + 342.53$ m. That is, 1,675 m is the maximum height of bird registrations in the summer attributable to nesting.

We selected variables for four models for image classification to model EV distribution

Табл. 5. Сравнение ($M \pm SD$, lim) между 49 переменными, определяющими качество среды для 74 гнёзд стервятника и 74 случайных точек. В таблице показано значение t -критерия Стьюдента для разницы между средними. Важные переменные выделены жирным шрифтом. В базовую модель включены переменные, коэффициент корреляции Спирмена которых $< 0,75$. Коды переменных см. в Приложении 1⁵⁶.

Table 5. Comparison ($M \pm SD$, lim) between 49 environment quality variables for 74 Egyptian Vulture nests and 74 random points. The table shows the value of Student's t -test for the difference between the means. Important variables are in bold. The base model includes variables with a Spearman correlation coefficient < 0.75 . See Appendix 1⁵⁶ for variable codes.

Переменные* Variables*	Отличные от случайных Different from random	Включённые в базовую модель Included in base model	Включённые		t -value ($df=146$)	p
			Гнёзда Nests	Случайные точки Random points		
1	2	3	4	5	6	7
dist-farm	1		1.57 ± 0.94 (0.13-5.48)	3.01 ± 2.31 (0.29-11.87)	4.9492	0.000
elevation		1	685.28 ± 222.06 (355-1308)	673.57 ± 273.14 (244-1495)	-0.2863	0.775
cti		1	-1.08 ± 3.24 (-4.64-+7.28)	-0.36 ± 2.39 (-3.28-+6.35)	1.5286	0.129
tri	1		25.69 ± 17.36 (3.79-111.29)	8.04 ± 9.11 (0.18-39.01)	-7.7423	0.000
slope	1	1	15.78 ± 10.13 (1.91-51.55)	5.17 ± 5.82 (0.04-26.49)	-7.8088	0.000
aspect		1	177.14 ± 91.91 (2-354.8)	150.50 ± 98.41 (0-343.9)	-1.7023	0.091
vrn	1	1	0.01 ± 0.01 (0.0004-0.06)	0.003 ± 0.005 (0-0.03)	-4.9974	0.000
roughness	1		78.50 ± 53.60 (1.56-346)	25.31 ± 27.40 (0.42-119.2)	-7.6005	0.000
tpi		1	1.83 ± 11.72 (-23.54-+43.36)	-0.12 ± 4.38 (-17.05-+11.63)	-1.3441	0.181
spi		1	4.26 ± 26.14 (0.0013-224.3)	0.20 ± 0.87 (0.0001-6.92)	-1.3369	0.183
geom	1	1	6.30 ± 1.79 (3-10)	4.97 ± 2.55 (1-9)	-3.6545	0.000
cov	1	1	1109.4 ± 477.4 (378-2304)	917.1 ± 497.7 (269-2712)	-2.3998	0.018
contrast	1		167213 ± 164269 (9965-777478)	114476 ± 133655 (6381-747668)	-2.1422	0.034
corr		1	2431.4 ± 1517.3 (-673-+5800)	2085.1 ± 1651.6 (-2704-+5451)	-1.3281	0.186
dissimilarity	1		28194.7 ± 14908.7 (7528-72854)	22486.5 ± 12413.9 (4847-59013)	-2.5311	0.012
entropy		1	26295.1 ± 2763.0 (19088-29716)	25382.8 ± 3450.4 (12830-29753)	-1.7754	0.078
homogeneity	1		3570.9 ± 1362.9 (1057-6479)	4079.3 ± 1395.9 (1657-7730)	2.2417	0.026
maximum			1469.1 ± 661.3 (611-3504)	1599.4 ± 792.6 (666-5416)	1.0861	0.279
mean		1	2819.4 ± 798.9 (1657-5072)	2823.5 ± 916.2 (1503-5580)	0.0293	0.977
range	1		1087.9 ± 568.7 (301-2445)	878.5 ± 487.8 (206-2552)	-2.4036	0.017

Табл. 5. Продолжение.

Table 5. Continuation.

	1	2	3	4	5	6	7
shannon	1			19152.1±3321.5 (11569-24239)	17604.6±3750.1 (6683-23394)	-2.6574	0.009
simpson	1			8196.9±666.8 (6425-9029)	7877.5±951.3 (4137-8984)	-2.3647	0.019
sd	1			317.1±167.8 (87-696)	255.3±152.9 (54-719)	-2.3405	0.021
variance	1			117914±114954.5 (7282-459116)	82284±102549 (2885-462438)	-1.9896	0.048
wind_speed_10	1			4.94±2.14 (1.91-10.12)	4.19±1.38 (1.81-8.1)	-2.5504	0.012
power_density_50	1			615.3±495.7 (98.1-2433.9)	446.0±265.1 (86.1-1297.2)	-2.5902	0.011
power_density_100	1			726.1±482.0 (143.1-2172.1)	587.8±325.9 (101.05-1715.8)	-2.0445	0.043
power_density_10	1	1		450.5±546.5 (21.26-2934.2)	211.9±174.9 (35.56-986.45)	-3.5774	0.000
RIX	1			0.06±0.08 (0-0.37)	0.03±0.06 (0-0.29)	-2.0558	0.042
bio01	1			99.88±9.55 (77-117)	94.91±13.97 (56-115)	-2.5285	0.013
bio02			1	128.91±2.15 (123-132)	128.58±2.52 (122-133)	-0.8415	0.401
bio03	1	1		29.50±0.58 (28-30)	29.03±0.84 (27-30)	-3.9759	0.000
bio04	1	1		10625.4±347.15 (10062-11617)	10860.4±499.6 (10051-11948)	3.3232	0.001
bio06	1			-99.96±10.31 (-124--78)	-107.99±15.69 (-148--83)	-3.6784	0.000
bio07	1	1		429.5±9.9 (411-455)	435.5±13.8 (411-462)	3.0389	0.003
bio08			1	100.2±19.8 (49-122)	102.0±16.9 (49-124)	0.5893	0.557
bio11	1	1		-40.9±10.4 (-64--19)	-48.8±15.9 (-89--24)	-3.6102	0.000
bio12	1			341.2±96.7 (193-574)	303.7±107.3 (175-598)	-2.2316	0.027
bio13	1			54.8±14.2 (30-90)	48.9±16.5 (27-95)	-2.3002	0.023
bio16	1			139.6±39.6 (77-240)	124.4±44.8 (68-254)	-2.1808	0.031
bio19	1			107.0±28.0 (65-159)	94.0±28.2 (59-166)	-2.8158	0.006
Shrub 2017-2022 2km	1			7.67±2.18 (2.08-11.93)	17.54±5.22 (10.26-30.01)	15.0130	0.000
WorldCover_class			1	32.8±8.84 (30-60)	31.5±4.88 (30-60)	-1.1514	0.251
Tree 100m			1	0.007±0.04 (0-0.25)	0.002±0.01 (0-0.09)	-1.1948	0.234
Shrub 100m			1	0.002±0.01 (0-0.05)	0.002±0.01 (0-0.12)	0.1112	0.912
Grass 100m			1	0.91±0.14 (0.12-1)	0.90±0.25 (0-1)	-0.1545	0.877
Crop 100m	1	1		0.002±0.01 (0-0.07)	0.08±0.24 (0-1)	2.7054	0.008
Bare 100m	1	1		0.08±0.14 (0-0.88)	0.01±0.04 (0-0.23)	-4.2840	0.000
NDVI_04-2022			1	0.40±0.10 (0.24-0.67)	0.39±0.12 (0.19-0.70)	-1.0522	0.294

Примечания / Notes:

* Расшифровка сокращений и описание переменных доступны в Приложении 1⁵⁶ / Breakdown of abbreviations and description of variables is available in Appendix 1⁵⁶).

Для классификации изображений с целью моделирования распространения стервятника методом Random Forest (RF) мы выбрали переменные для 4-х моделей (табл. 6, Приложение 1⁵⁶):

– Модель 1 (M1) включает 66 переменных из 7 продуктов ДЗЗ⁵⁶ без учёта мультиколлинеарности и важности по t-критерию Стьюдента;

– Модель 2 (M2) включает 31 переменную⁵⁶, важную по t-критерию Стьюдента для выборки точек присутствия и случайных без учёта мультиколлинеарности (т.е. в выборке присутствуют коррелирующие друг с другом переменные);

– Модель 3 (базовая модель, M3) включает 26 переменных⁵⁶: 11 важных переменных по t-критерию Стьюдента для выборки

using the Random Forest (RF) method (Table 6, Appendix 1⁵⁷):

– Model 1 (M1) includes 66 variables from seven remote sensing products⁵⁶ without accounting for multicollinearity and importance according to Student's t-test;

– Model 2 (M2) includes 31 variables⁵⁶ important according to the Student's t-test for sampling presence points and random points without accounting for multicollinearity (i.e., there are variables correlated with each other in the sample);

– Model 3 (base model, M3) includes 26 variables⁵⁶: 11 important variables by Student's t-test for presence points and random samples (multicollinear variables removed) +15 unimportant but not correlated with important variables, except for elevation;

Табл. 6. Список переменных, включённых в 4 набора для моделирования распространения стервятника в горах Каратау.

Table 6. List of variables included in 4 sets for modeling the Vulture distribution of the Karatau mountains.

Переменные* Variables*	Вариант модели / Model variant				Переменные Variables	Вариант модели / Model variant			
	1 66 var.	2 31 var.	3 26 var.	4 10 var.		1 66 var.	2 31 var.	3 26 var.	4 10 var.
NASADEM					World Clim				
elevation	1		1		bio01	1	1		
Geomorpho90m					bio02	1		1	
cti	1		1		bio03	1	1	1	1
tri	1	1			bio04	1	1	1	1
slope	1	1	1	1	bio05	1			
aspect	1		1		bio06	1	1		
vrn	1	1	1	1	bio07	1	1	1	
roughness	1	1			bio08	1		1	
tpi	1		1		bio09	1			
spi	1		1		bio10	1			
geom	1	1	1	1	bio11	1	1	1	1
Global Habitat Heterogeneity					bio12	1	1		
cov	1	1	1	1	bio13	1	1		
contrast	1	1			bio14	1			
corr	1		1		bio15	1			
dissimilarity	1	1			bio16	1	1		
entropy	1		1		bio17	1			
homogeneity	1	1			bio18	1			
maximum	1				bio19	1	1		
mean	1		1		ESA WorldCover 10m v100				
pielou	1				WC_class	1		1	
range	1	1			WC_r_Tree-100m	1		1	
shannon	1	1			WC_Shrub-100m	1		1	
simpson	1	1			WC_Grass-100m	1		1	
sd	1	1			WC_Crop-100m	1	1	1	1
uniformity	1				WC_Bare-100m	1	1	1	1
variance	1	1			MODIS Terra Vegetation Indices				
Global Wind Atlas					NDVI_04-2022	1		1	
air_density_50	1				NDVI_05-2022	1			
air_density_100	1				NDVI_06-2022	1			
air_density_10	1				NDVI_07-2022	1			
wind_speed_50	1				NDVI_08-2022	1			
wind_speed_100	1				MODIS Terra Vegetation Indices				
wind_speed_10	1	1			NDVI_04-2022-100m	1			
power_density_50	1	1			Метод / Method in Random Forest:				
power_density_100	1	1			Вероятность / Probability	yes	yes	yes	yes
power_density_10	1	1	1	1	Регрессия / Regression	yes	yes	yes	yes
RIX	1	1							

Примечание / Notes:

* Расшифровка сокращений и описание переменных доступны в Приложении 1⁵⁶ / Breakdown of abbreviations and description of variables is available in Appendix 1⁵⁶).

точек присутствия и случайных (мульти-коллинераные переменные удалены) + 15 неважных, но не коррелирующих с важными, за исключением elevation;

– Model 4 (M4) includes only 10 important variables⁵⁶ by Student's t-test for the sampling of presence points and random points minus the 1st multicollinear.

Табл. 7. Результаты кросс-валидации моделей. Жирным шрифтом выделены лучшие модели для вероятности и регрессии.

Table 7. Results of models cross-validation. Bold indicates the best models for probability and regression.

Код модели Code of model	Коэффициент детерминации регрессии по обучающей выборке		Коэффициент детерминации регрессии по тестовой выборке		Max Kappa	Max Kappa Cutoff	Max ccr	Max ccr cutoff
	AUC	Training regression R2	Validation regression R2	Validation regression R2				
<i>Вероятность / Probability</i>								
M1_PROB	0.993	0.926	0.799	0.911	32.917	0.970	32.917	
M2_PROB	0.993	0.917	0.815	0.942	37.500	0.980	37.500	
M3_PROB	0.995	0.921	0.815	0.946	34.583	0.981	34.583	
M4_PROB	0.993	0.911	0.802	0.927	36.250	0.974	36.250	
<i>Регрессия / Regression</i>								
M1_REGR	0.996	0.933	0.822	0.945	35.833	0.981	35.833	
M2_REGR	0.994	0.929	0.818	0.937	38.333	0.979	38.333	
M3_REGR	0.996	0.934	0.839	0.956	33.333	0.985	33.333	
M4_REGR	0.995	0.927	0.825	0.938	35.417	0.978	35.417	

– Модель 4 (M4) включает только 10 важных переменных⁵⁶ по t-критерию Стьюдента для выборки точек присутствия и случайных за вычетом 1-й мультиколлинеарной.

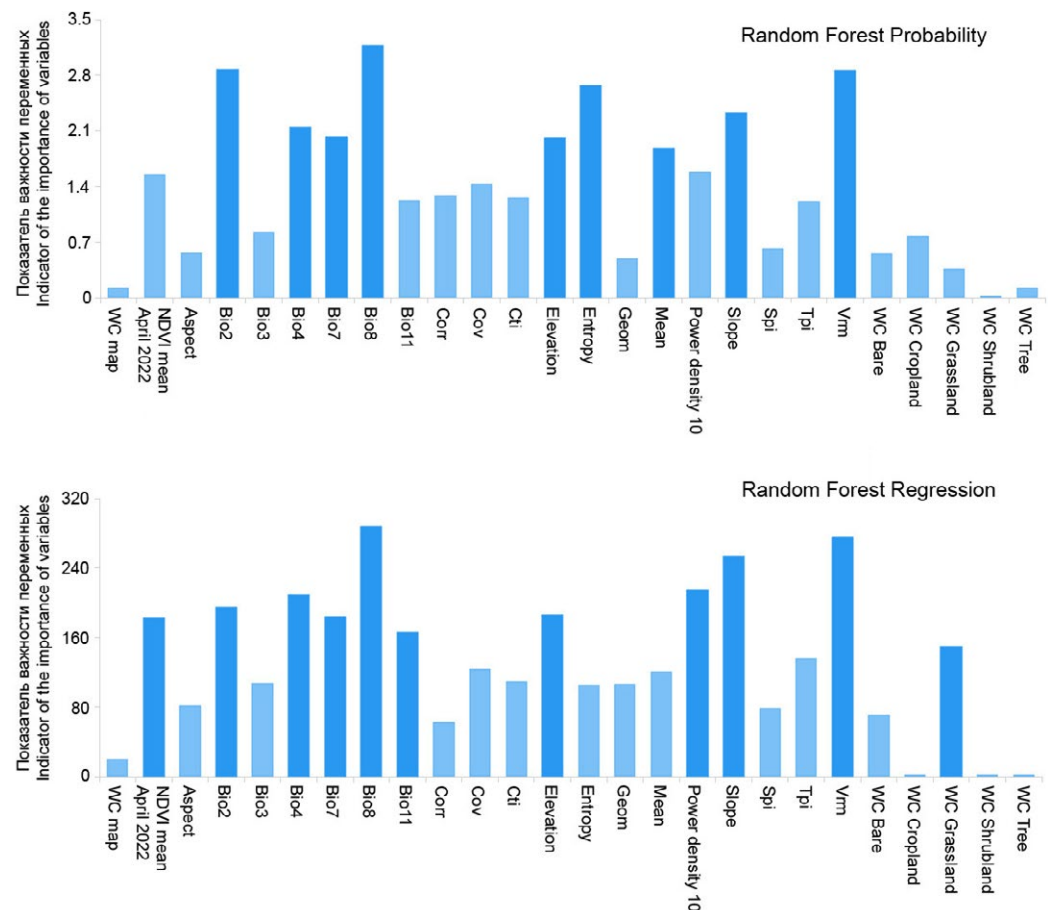
Перекрёстная проверка показала лучший результат вероятности и регрессии для M3 (табл. 7). Ошибка бэггинга (Out-of-bag Error, OOBЕ) для 20 деревьев RF

Cross-validation showed the best probability and regression result for M3 (Table 7). Bagging error (Out-of-bag Error, OOBЕ) for 20 probability RF trees was 0.0351, regression – 0.1769.

Graphs of the variables' importance included in RF for probability and regression are shown in Fig. 12. Nine variables were the most important for M3 "RF probability" (>1.6) (in de-

Рис. 12. Оценка важности переменных в Random Forest для модели 3 (M3).

Fig. 12. Estimating the importance of variables in Random Forest for model 3 (M3).



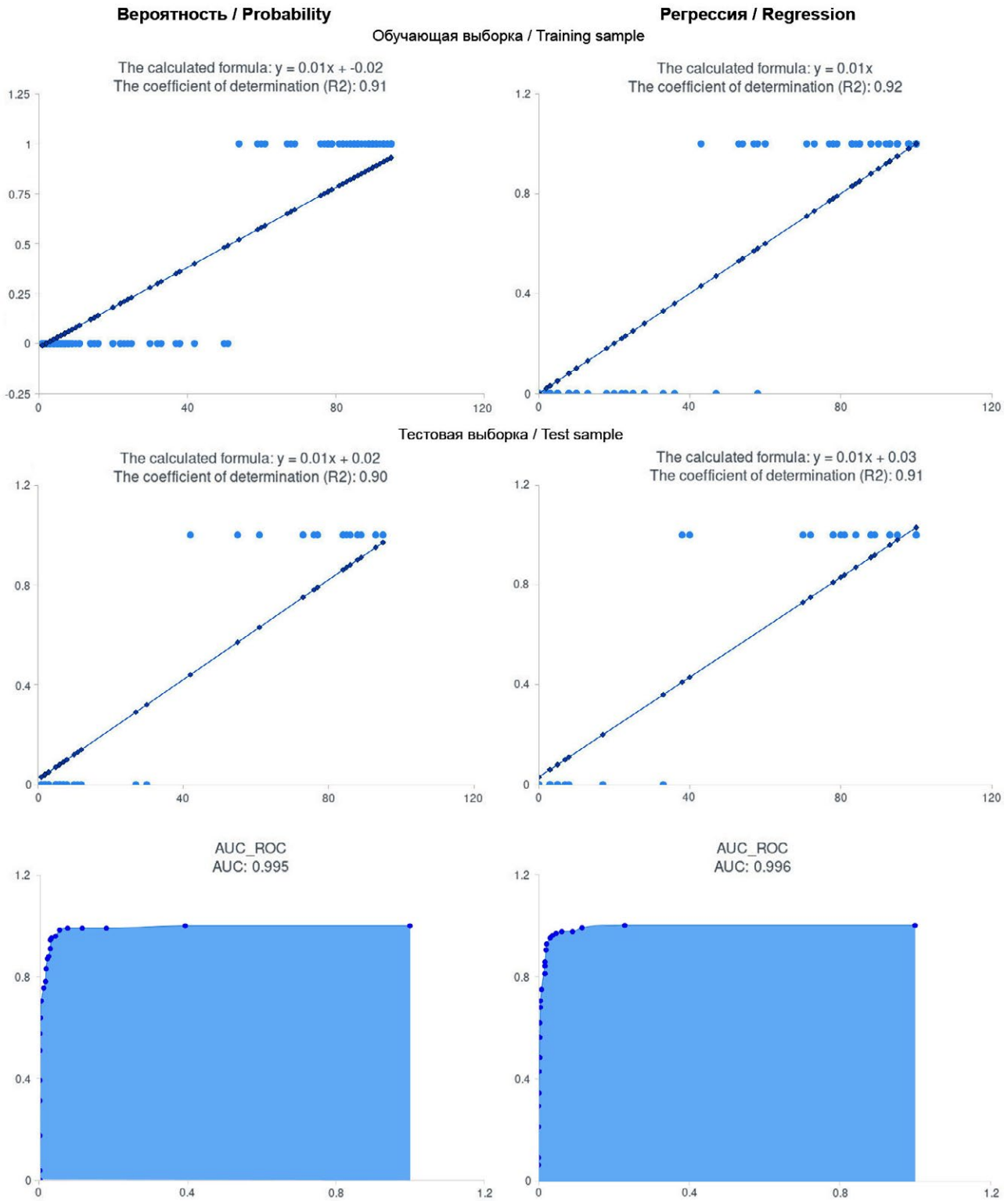


Рис. 13. Графики регрессии по обучающей и тренировочной выборкам и оценки точности модели посредством AUC-ROC для вероятности и регрессии Random Forest.

Fig. 13. Graphs of regression on learning and training samples and estimates of model accuracy by AUC-ROC for probability and regression of Random Forest.

вероятности составила 0,0351, регрессии – 0,1769.

Графики важности переменных, включённых в RF для вероятности и регрессии, показаны на рисунке 12. Наиболее важ-

сущность (в порядке убывания важности): bio08 (3.17), bio02 (2.87), vrm (2.86), entropy (2.67), slope (2.33), bio04 (2.14), bio07 (2.02), elevation (2.01), and mean (1.88). For M3 “RF regression” (>143.4) there are 11 variables:

Табл. 8. Параметры оценки точности моделей посредством AUC-ROC.

Table 8. Parameters for assessing the accuracy of models with AUC-ROC.

Random Forest – Probability																					
*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
param	0	4.17	8.33	12.50	16.67	20.83	25	29.17	33.33	37.50	41.67	45.83	50.00	54.17	58.33	62.50	66.67	70.83	75	79.17	83.33
TP	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	18	17	16	16	16	14	11	11
FP	53	25	5	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TN	0	28	48	51	51	51	51	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
FN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	3	3	5	8	8
TNR	0	0.53	0.91	0.96	0.96	0.96	0.96	0.98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TPR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.95	0.95	0.95	0.89	0.84	0.84	0.84	0.74	0.58	0.58
FPR	1	0.47	0.09	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precision	0.26	0.43	0.79	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SUMSS	1	1.53	1.91	1.96	1.96	1.96	1.96	1.98	2	2	2	1.95	1.95	1.95	1.89	1.84	1.84	1.84	1.74	1.58	1.58
ccr	0.26	0.65	0.93	0.97	0.97	0.97	0.97	0.99	1	1	1	0.99	0.99	0.99	0.97	0.96	0.96	0.96	0.93	0.89	0.89
кappa	0	0.37	0.84	0.93	0.93	0.93	0.93	0.96	1	1	1	0.96	0.96	0.96	0.93	0.89	0.89	0.89	0.80	0.67	0.67
Random Forest – Regression																					
*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
param	0	4.17	8.33	12.50	16.67	20.83	25	29.17	33.33	37.50	41.67	45.83	50.00	54.17	58.33	62.50	66.67	70.83	75	79.17	83.33
TP	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	17	17	17	17	17	17	17	16	15	13	11
FP	53	8	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TN	0	45	51	51	51	52	52	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
FN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	3	4	6	8
TNR	0	0.85	0.96	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TPR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.84	0.79	0.68	0.58
FPR	1	0.15	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Precision	0.26	0.70	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SUMSS	1	1.85	1.96	1.96	1.96	1.98	1.98	1.98	2	2	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.84	1.79	1.68	1.58
ccr	0.26	0.89	0.97	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	1	1	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.94	0.92	0.89
кappa	0	0.75	0.93	0.93	0.93	0.96	0.96	0.96	1	1	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.89	0.85	0.76	0.67

Примечания / Notes:

* Расшифровку сокращений смотрите в Методике на стр. 112–113 / Abbreviations is available in the Methods section on pages 115–116.

ными переменными для МЗ «RF вероятность» (> 1,6) оказались (в порядке убывания важности) 9 переменных: bio08 (3,17), bio02 (2,87), vrm (2,86), entropy (2,67), slope (2,33), bio04 (2,14), bio07 (2,02), elevation (2,01) и mean (1,88), для МЗ «RF регрессия» (> 143,4) – 11 переменных: bio08 (286,82), vrm (274,29), slope (251,98), power density 10 (214,16), bio04 (208,71), bio02 (193,9), elevation (185,63), bio07 (183,75), NDVI mean April 2022 (182,02), bio11 (165,13) и World Cover Grassland (149,17). Примечательно, что в RF важными для точек присутствия стервятника оказались такие показатели, как bio08 (средняя температура самого влажного квартала), bio02 (средний за месяц среднесуточный диапазон температур) и elevation (высота над уровнем моря), не показавшие разницы между точками присутствия и случайными точками по t-критерию Стьюдента.

bio08 (286.82), vrm (274.29), slope (251.98), power density 10 (214.16), bio04 (208.71), bio02 (193.9), elevation (185.63), bio07 (183.75), NDVI mean April 2022 (182.02), bio11 (165.13), and World Cover Grassland (149.17). It is noteworthy that in RF, indicators such as bio08 (Average temperature of the wettest quarter), bio02 (Average daily temperature range for a month), and elevation (height above sea level) turned out to be important for EV presence points, which did not show a difference between presence points and random points according to Student's t-test.

Regression graphs for learning and training samples and estimation of model accuracy by means of AUC-ROC for RF probability and regression are shown in Fig. 13, and the parameters for assessing the accuracy of models are given in Table 8.

We averaged the RF probability and regression results and generated the resulting raster for МЗ

22	23	24	25
87.50	91.67	95.83	100
7	4	0	0
0	0	0	0
53	53	53	53
12	15	19	19
1	1	1	1
0.37	0.21	0	0
0	0	0	0
1	1	0	0
1.37	1.21	1	1
0.83	0.79	0.74	0.74
0.46	0.28	0	0

22	23	24	25
87.50	91.67	95.83	100
10	7	4	4
0	0	0	0
53	53	53	53
9	12	15	15
1	1	1	1
0.53	0.37	0.21	0.21
0	0	0	0
1	1	1	1
1.53	1.37	1.21	1.21
0.88	0.83	0.79	0.79
0.62	0.46	0.28	0.28

Графики регрессии по обучающей и тренировочной выборкам и оценки точности модели посредством AUC-ROC для вероятности и регрессии RF показаны на рисунке 13, параметры оценки точности моделей приведены в таблице 8.

Мы усреднили результаты RF вероятности и регрессии и вывели результирующий растр для МЗ по вероятности присутствия стервятника в диапазоне от 50 до 100%; (рис. 14, Приложение 2⁵⁸). Площадь гнездопригодных для стервятника биотопов, согласно этому классифицированному изображению, составила 10378,85 км² – 1939 кластеров площадью от 0,05 до 4057,06 км², в среднем 5,35±126,31 км². Площадь местообитаний стервятника (рис. 15) составила 34576,8 км² – 13 кластеров площадью от 70,79 до 32205,96 км², в среднем 2659,75±8879,37 км².

Мы провели валидацию результирующего растра по двум наборам точек встреч стервятников любителями птиц

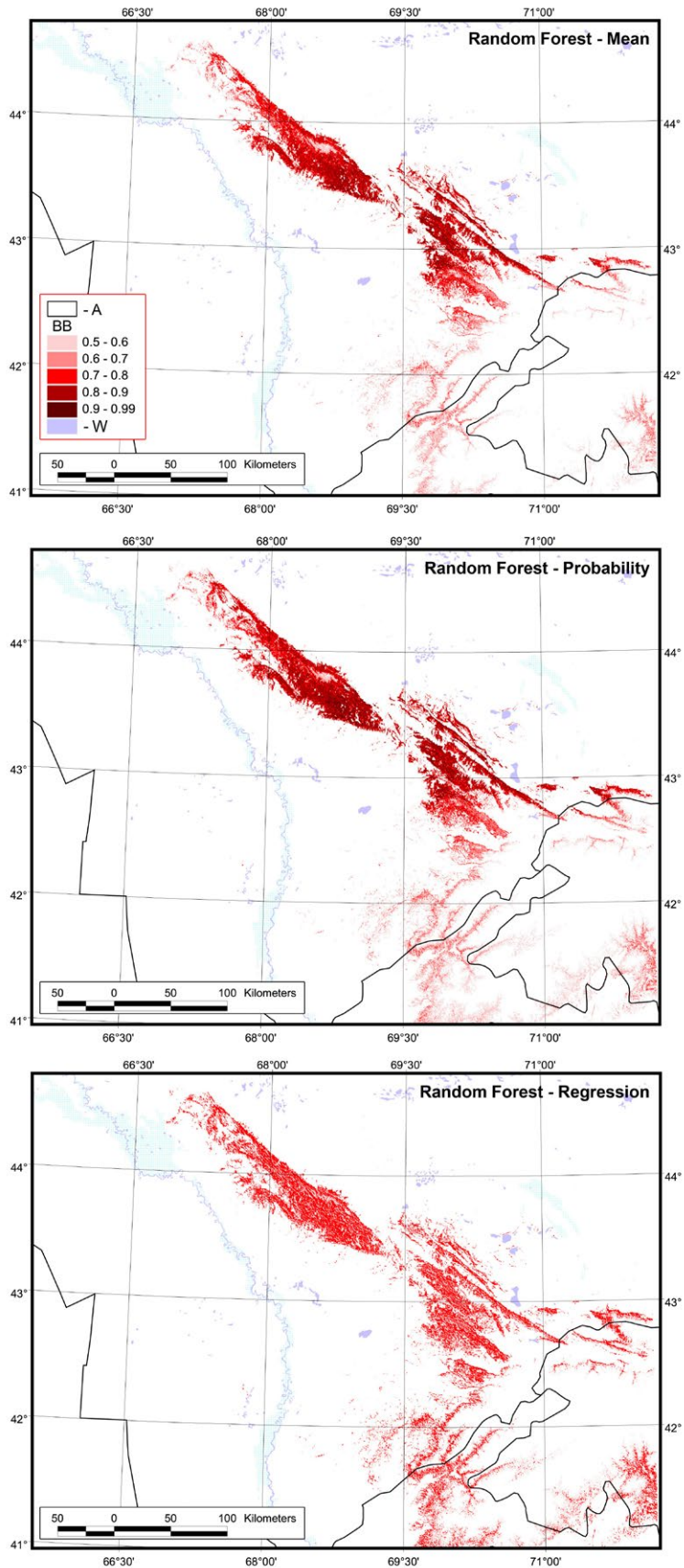


Рис. 14. Гнездопригодные для стервятника биотопы, выделенные по результатам анализа в Random Forest: регрессия – внизу, вероятность – в центре, усреднённый результат по вероятности и регрессии – вверху. Условные обозначения: А – границы стран, BB – кластеры классифицированного изображения, ранжированные по вероятности присутствия вида, соответствующие гнездопригодным биотопам, W – водоёмы.

Fig. 14. Breeding biotopes of the Egyptian Vulture identified from Random Forest analysis: regression at bottom, probability at center, average of probability and regression at top. Legend: A – country borders, BB – clusters of the classified image, ranked according to the probability of the presence of the species, corresponding to breeding biotopes, W – water bodies.

⁵⁸ <http://rrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/App2-maps.zip>

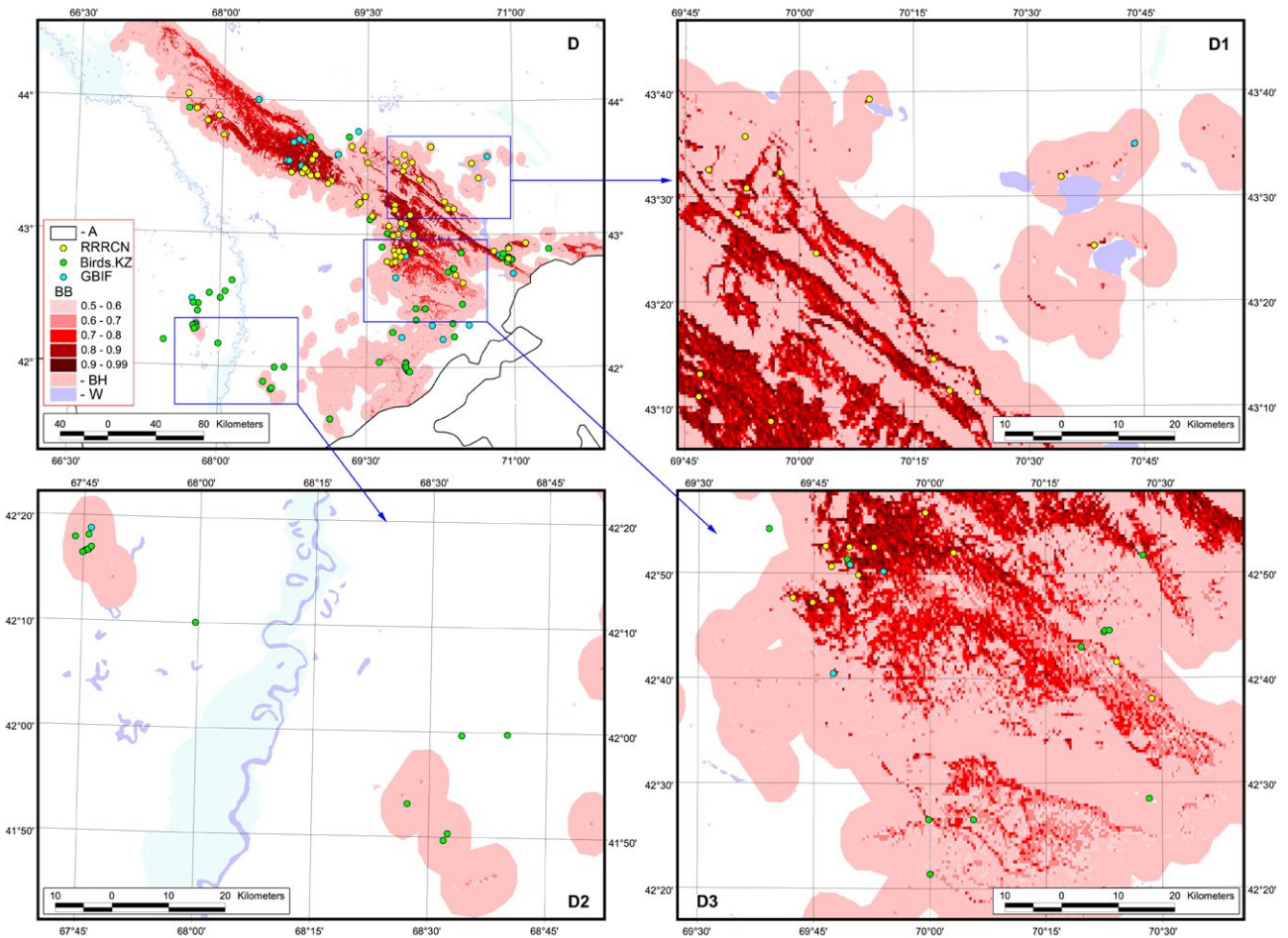


Рис. 15. Карта гнездопригодных биотопов и местообитаний стервятника в Картау и на прилегающих территориях (D) и точки распределения стервятника, взятые из разных источников. Условные обозначения: А – границы стран, BB – гнездопригодные биотопы, ранжированные по вероятности присутствия вида, BH – местообитания, W – водоёмы; точки присутствия стервятника: RRRCN – гнездовые участки по которым осуществлялось моделирование распространения стервятника, BIRDS.KZ – данные любителей птиц о встречах стервятника с сайта Казахстанского сообщества наблюдателей птиц, GBIF – наблюдения любителей птиц из электронных баз данных eBird, iNaturalist и RU-BIRDS; фрагменты общей карты: D1 – район передовых складок Малого Каратау и чинков восточнее Жанатаса, D2 – Сырдарья, D3 – Кошкарата, Боралдай.

Fig. 15. Map of suitable breeding biotopes and habitats of Egyptian Vulture in Karatau and adjacent areas (D) and Egyptian Vulture distribution points taken from various sources. Legend: A – Country borders, BB – suitable breeding biotopes, ranked by probability of species presence, BH – habitats, W – water bodies; points of Egyptian Vulture presence: RRRCN – breeding territories on the basis which EV distribution was modeled, BIRDS.KZ – birdwatchers' data on EV records from the Kazakhstan birdwatching community website, GBIF – birdwatchers' observations from eBird, iNaturalist, and RU-BIRDS electronic databases; fragments of the general map: D1 – area of the Lesser Karatau advanced folds and chinks to the east of Zhanatas, D2 – Syr Darya, D3 – Koshkarata, Boraldai.

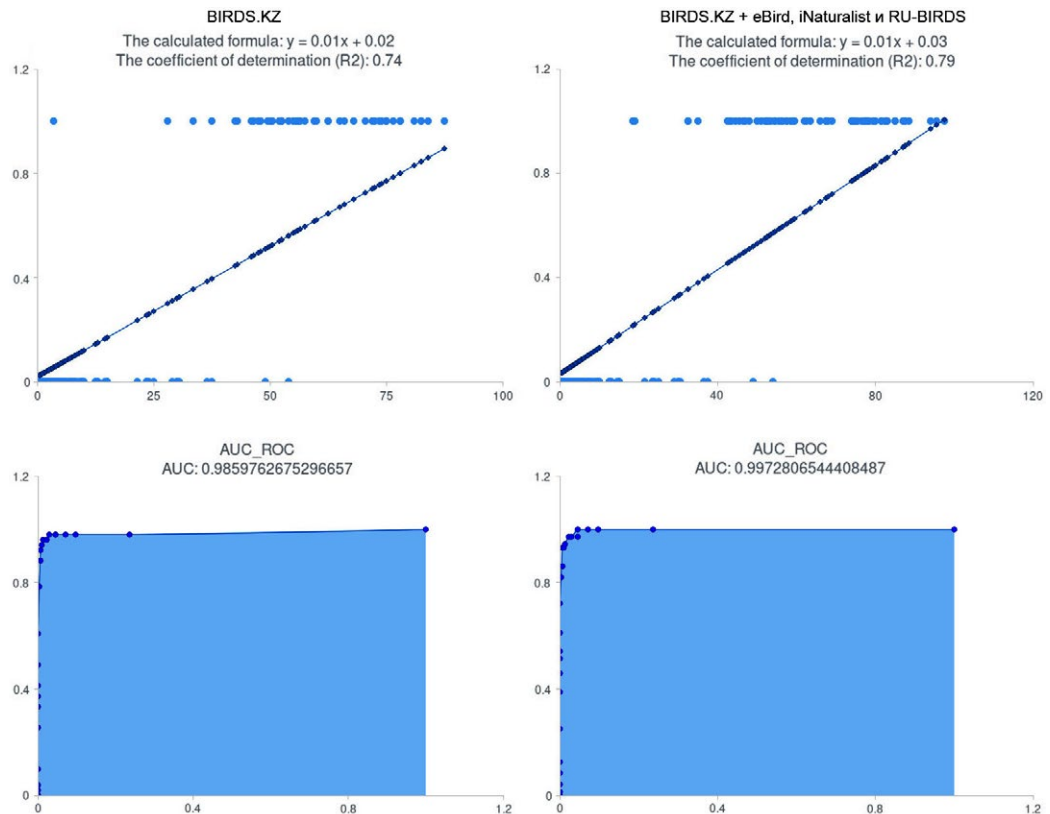
(рис. 15): первый набор это данные только с birds.kz (Амирекул и др., 2022), второй – birds.kz + датасета GBIF (Ukolov *et al.*, 2019; Auer *et al.*, 2022; iNaturalist, 2022; de Vries, Lemmens, 2022) без данных Российской сети изучения и охраны пернатых хищников из раздела «Пернатые хищники Мира» веб-ГИС «Фаунистика» (Karyakin *et al.*, 2020), так как они участвовали в обучающей выборке (с оригинальными координатами). Для первого набора коэффициент детерминации регрессии (R^2) составил 0,74, AUC – 0,986, для второго R^2 – 0,79, AUC – 0,997 (рис. 16). На наш взгляд это достаточно хороший результат, учитывая погрешности в локациях точек встреч стервятника, сделанных любителями птиц.

with a EV probability in the range of 50 to 100%; (Fig. 14, Appendix 2⁵⁸). According to this classified image, the area of biotopes that are suitable for EV breeding totaled 10,378.85 km² – 1,939 clusters ranging from 0.05 to 4,057.06 km², averaging 5.35 ± 126.31 km². The EV habitat area (Fig. 15) was 34,576.8 km² – 13 clusters ranging from 70.79 to 32,205.96 km², averaging 2,659.75 ± 8,879.37 km².

We validated the resulting raster using two sets of sighting points for EVs by birdwatchers (Fig. 15): the first set consisted of data from birds.kz only (Amirekul *et al.*, 2022), the second – birds.kz + dataset GBIF (Ukolov *et al.*, 2019; Auer *et al.*, 2022; iNaturalist, 2022; de Vries, Lemmens, 2022) without data from Russian Raptor Research and Conservation Net-

Рис. 16. Графики регрессии по валидационным выборкам и оценки точности модели, усреднённой по результатам вероятности и регрессии в Random Forest посредством AUC-ROC.

Fig. 16. Graphs of regression and estimates of model accuracy averaged over probability and regression results in Random Forest by AUC-ROC.



Матрица весов для теста Морана была рассчитана по 5 ближайшим соседям для точек присутствия стервятника, по которым строилась модель. Индекс Морана (Moran I ($M \pm SD$) $0,15 \pm 2,83$, expectation $-0,011$, variance $0,0033$, p -value = $0,0024$) показал, что географические расстояния между точками присутствия стервятника и предсказанными значениями модели его распространения не случайны в положительную сторону, но в то же время не выявил существенной автокорреляции (рис. 17).

Расчёт численности

Расчёт численности по результатам учёта на линейных трансектах в Distance Sampling

Данные учёта стервятника в Каратау в 2010–2022 гг., в том числе методом линей-

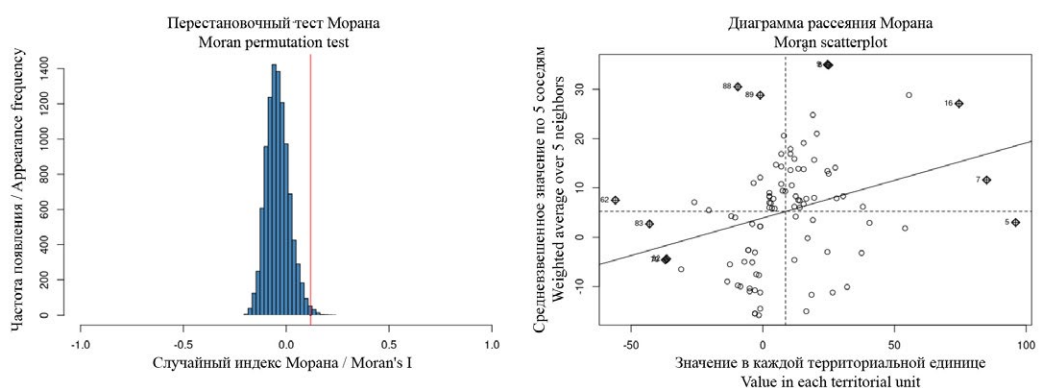
work from the “Raptor Raptors of the World” section of the web GIS Faunistics (Karyakin *et al.*, 2020), since they were included in the training sample (with original coordinates).

For the first set, the regression determination coefficient (R^2) was 0.74, AUC – 0.986, for the second set R^2 – 0.79, AUC – 0.997 (Fig. 16). In our opinion, this is a good result, given the inaccuracies in the locations of EV encounter points made by birdwatchers.

The weight matrix for the Moran’s test was calculated from the five nearest neighbors points of presence of EV. The Moran’s index (Moran I ($M \pm SD$) 0.15 ± 2.83 , expectation -0.011 , variance 0.0033 , p -value = 0.0024) showed that geographical distances between the points of EV presence and the predicted values of its distribution model are not random in a positive direction, but at the same

Рис. 17. Диаграмма перестановочного теста Морана (слева) и диаграмма рассеяния Морана для точек присутствия стервятника и предсказанных значений модели (справа).

Fig. 17. Permutation plot of Moran’s test (left) and Moran’s scatterplot for vulture presence points and model predicted values (right).



ных трансект, представлены в Приложении 3⁵⁹. Чтобы не дублировать результаты учёта 2010 г. и в 2022 г. по одним и тем же гнездовым участкам, выявленным в 2010 г. и проверенным в 2022 г., мы не учитываем повторы и приводим перпендикулярные дистанции для первого выявления гнезда.

Общая протяжённость 11 учётных маршрутов составила 2018,945 км, ширина учётной полосы, соответствующая максимальной дальности обнаружения гнёзд стервятника (перпендикуляр от оси маршрута), составила 2,1 км. Для 59 точек обнаружения гнёзд стервятника или гнездящихся птиц рассчитана дальность обнаружения (перпендикулярная), составившая в среднем ($M \pm SD$) $0,67 \pm 0,51$ км (медиана = 0,48 км) при минимальной дистанции обнаружения 0,09 км. Для 49 точек, включённых в расчёт численности, дальность обнаружения составила в среднем ($M \pm SD$) $0,68 \pm 0,54$ км (медиана = 0,49 км) (табл. 9)

При моделировании в Distance вероятности обнаружения гнёзд стервятника и/или

time did not reveal a significant autocorrelation (Fig. 17).

Calculating abundance

Calculating abundance based on census results on linear transects in Distance Sampling

EV census data in Karatau in 2010–2022, including data obtained using linear transects, is presented in Appendix 3⁵⁹. To avoid repetition of census results in 2010 and 2022 for the same breeding territories identified in 2010 and verified in 2022, we do not count duplicates and give perpendicular distances for the first nest detection.

The total length of 11 survey routes was 2,018.945 km and the width of the survey strip corresponding to the maximum detection range of vulture nests (perpendicular to the route axis) was 2.1 km. For 59 EV nests or nesting birds' detection points, the detection range (perpendicular) was calculated, averaging ($M \pm SD$) 0.67 ± 0.51 km (median = 0.48 km), with a minimum detection distance of 0.09 km. For 49 points included in

Табл. 9. Результаты расчёта численности стервятника (в парах) на гнездовании в Каратау в Distance Sampling.

Table 9. Results of Egyptian Vulture abundance calculation (in pairs) at nesting in Karatau in Distance Sampling.

Параметр / Parameter	Показатель или оценка Indicator or Estimate	SE	%CV	df	95% доверительный интервал 95% Confidence Interval	
					min	max
n (число гнездовых участков / number of breeding territories)	49					
k (число маршрутов / number of routes)	11					
L (общая длина маршрутов / total length of transect lines)	2018.9					
n/L (частота встречаемости / encounter rate)	0.0243		11.79	10	0.0187	0.0315
W (ширина учётной полосы / width of line transect)	2.1					
m (количество параметров в модели / number of parameters in the model)	1					
LnL	-27.42					
AIC	56.85					
AICc	56.93					
BIC	58.74					
QAIC	58.85					
Chi-p	0.124					
$A(1)$ (i-й параметр в оценке вероятной функции плотности (pdf) i-th parameter in the estimated probability density function (pdf))	0.94	0.109				
$f(0)$	0.88	0.087	9.91	48	0.72	1.07
p (вероятность наблюдения объекта в заданной области probability of observing an object in defined area)	0.54	0.054	9.91	48	0.45	0.66
$ESW=W*p$ (эффективная ширина учётной полосы / effective strip width)	1.14	0.11	9.91	48	0.94	1.39
D (оценка плотности / estimated density)	0.0106	0.0016	15.40	26.37	0.0078	0.0145
N (оценка численности / estimated abundance)	367	56.51	15.40	26.37	268	503

⁵⁹ <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/App3-countdata.xls>

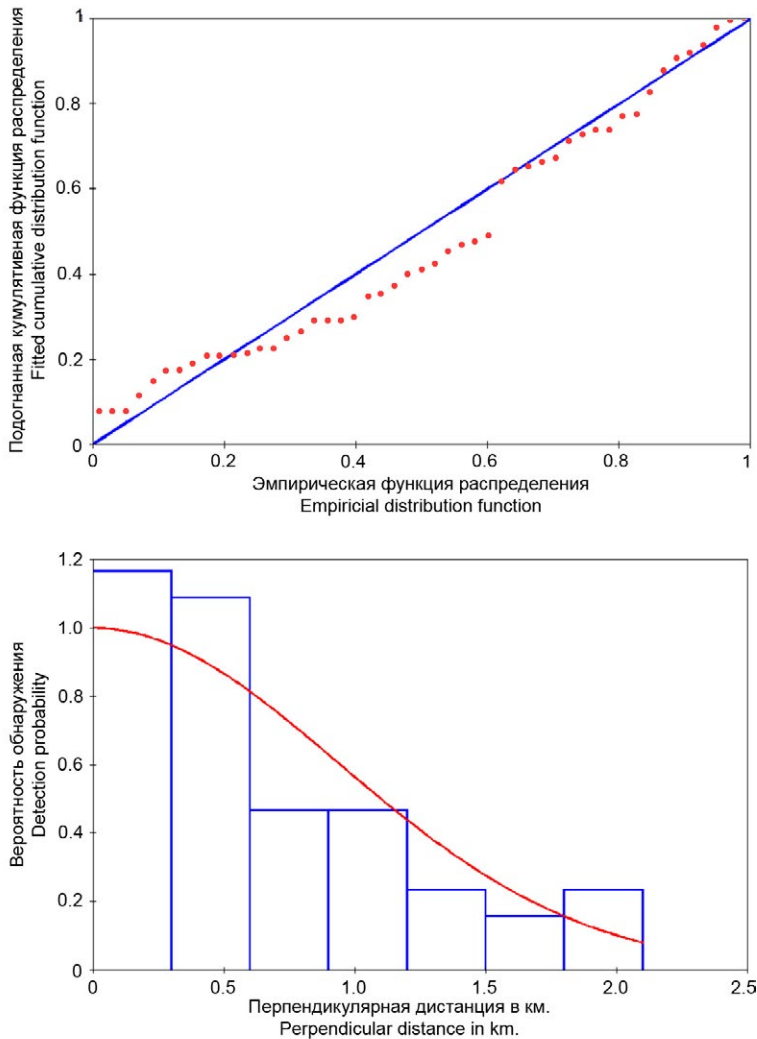


Рис. 18. График качества подгонки QQ для полу-нормальной функции обнаружения (вверху) и гистограмма полу-нормальной функции обнаружения (внизу).

Fig. 18. Quality of fit QQ plot of half-normal detection function (upper) and histogram of half-normal detection function (bottom).

the species abundance calculation, the detection range averaged ($M \pm SD$) 0.68 ± 0.54 km (median = 0.49 km) (Table 9).

When modeling the probability of finding nests and/or nesting birds relative to distances from the observer in Distance, a semi-normal data distribution was chosen: $k(y) = \text{Exp}(-y^{**2}/(2*A(1)**2))$. Model selection is based on the minimum Akaike information criteria (AIC) = 56.85; χ^2 for 5 degrees of freedom = 4.59, which corresponds to the significance level $p=0.47$ (Fig. 18, Table 9). The effective census width (ESW) is calculated ($M \pm SE$) at 1.14 ± 0.11 km (9.91%CV, $df=48$, 95% confidence interval – 0.94–1.39 km) with detection probability of birds in this area 0.54 ± 0.05 (9.91%CV, $df=48$, 95% confidence interval – 0.45–0.66) (Table 9).

Full information on the results of the species abundance calculation in Distance Sampling is given in Appendix 4⁶⁰.

The frequency of nesting EV registration on routes was 2.43 pairs/100 km (11.79%CV, $df=10$, 95% confidence interval – 1.19–3.15). The distribution density of EV nesting pairs was

гнездящихся птиц относительно дистанций от наблюдателя было выбрано полу-нормальное распределение данных – $k(y) = \text{Exp}(-y^{**2}/(2*A(1)**2))$. Выбор модели основан на минимальном показателе информационного критерия Акаике (AIC) = 56,85; χ^2 для 5 степеней свободы = 4,59, что соответствует уровню значимости $p=0,47$ (рис. 18, табл. 9). Эффективная ширина учётной полосы (ESW) рассчитана ($M \pm SE$) в $1,14 \pm 0,11$ км (9,91%CV, $df=48$, 95% доверительный интервал – 0,94–1,39 км) при вероятности обнаружения птицы в данной области $0,54 \pm 0,05$ (9,91%CV, $df=48$, 95% доверительный интервал – 0,45–0,66) (табл. 9). Полная информация по результатам расчёта численности в Distance Sampling приведена в Приложении 4⁶⁰.

Частота регистраций гнездящихся стервятников на маршрутах составила 2,43 пар/100 км (11,79%CV, $df=10$, 95% доверительный интервал – 1,19–3,15). Плотность распределения гнездящихся пар



Стервятник около гнезда. Фото Г. Пуликовой.

Egyptian Vulture near the nest. Photo by G. Pulikova.

⁶⁰ <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/App4-Distances-result.pdf>

стервятника составила ($M \pm SE$) $1,06 \pm 0,16$ пар/100 км² (15,4%CV, $df=26,37$, доверительный интервал – 0,78–1,15). Для площади местообитаний в 34576,8 км² численность стервятника по данным маршрутных учётов оценена в 268–503 пары, в среднем ($M \pm SE$) $367 \pm 56,5$ пар (15,4%CV, $df=26,37$).

Расчёт численности по результатам учёта на площадках

Учётными площадками покрыто 10,63% местообитаний и 13,55% гнездопригодных

($M \pm SE$) 1.06 ± 0.16 pairs/100 km² (15.4%CV, $df=26.37$, confidence interval – 0.78–1.15). For a habitat area of 34,576.8 km², EV abundance, according to census counts, was estimated at 268–503 pairs, on average ($M \pm SE$) 367 ± 56.5 pairs (15.4%CV, $df=26.37$).

Calculating abundance based on census results at plots

Census plots cover 10.63% of habitats and 13.55% of EV breeding biotopes in Karatau. Given the 31 occupied breeding territories identified at survey plots in 2022, we can

Табл. 10. Результаты учёта гнездящихся стервятников на площадках.

Table 10. Results of breeding Egyptian Vultures surveying on plots.

P	PA	PH	PBB	2010						2022							
				n	DP	DH	DBB	n	DP	DH	DBB	Sn	DSP	DSH	DSBB	Sn/n, %	
P1	218.046	217.943	42.708						2	0.92	0.92	4.68	2	0.92	0.92	4.68	100
P2	184.61	180.015	71.3	1	0.54	0.56	1.40	1	0.54	0.56	1.40	1	0.54	0.56	1.40	100	
P3	192.406	184.766	66.881						1	0.52	0.54	1.50	1	0.52	0.54	1.50	100
P4	84.183	84.183	62.877						0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	359.667	359.667	249.782	4	1.11	1.11	1.60	4	1.11	1.11	1.60	0	0	0	0.00	0	
P6	488.839	455.943	81.242						3	0.61	0.66	3.69	2	0.41	0.44	2.46	66.67
P7	654.854	644.687	237.919	1	0.15	0.16	0.42	7	1.07	1.09	2.94	2	0.31	0.31	0.84	28.57	
P8	321.393	321.393	172.457						0	0	0	0	0	0	0	0	
P9	110.462	110.462	98.279	2	1.81	1.81	2.04	1	0.91	0.91	1.02	0	0	0	0	0	
P10	68.965	68.965	51.913	3	4.35	4.35	5.78	2	2.90	2.90	3.85	0	0	0	0	0	
P11	9.22	9.22	6.541						0	0	0	0	0	0	0	0	
P12	317.401	314.843	64.657	3	0.95	0.95	4.64	2	0.63	0.64	3.09	2	0.63	0.64	3.09	100	
P13	41.055	41.055	14.79	3	7.31	7.31	20.28	1	2.44	2.44	6.76	0	0	0	0	0	
P14	71.31	71.31	33.36						0	0	0	0	0	0	0	0	
P15	357.25	357.25	146.283	2	0.56	0.56	1.37	6	1.68	1.68	4.10	4	1.12	1.12	2.73	66.67	
P16	711.877	254.73	5.356	3	0.42	1.18	56.01	1	0.14	0.39	18.67	1	0.14	0.39	18.67	100	
Σ/М	4,191.54	3,676.43	1,406.35	22	0.69	0.82	2.15	31	0.74	0.84	2.20	15	0.36	0.41	1.07	48.39	
Σ/М*	2,806.14	2,331.67	940.28	22	0.78	0.94	2.48	31	0.84	0.97	2.74	15	0.40	0.47	1.33	48.39	

Расшифровка сокращений в заголовке таблицы / Explanation of abbreviations in the table header:

P – код площадки, соответствует таковому на рис. 3 и 18 / code of plot, corresponds to that in Fig. 3 and Fig. 18,

PA – Площадь площадки (км²) / Plot area (km²),

PH – Площадь местообитаний на площадке (км²) / Plot habitat area (km²),

PBB – Площадь гнездопригодных биотопов на площадке (км²) / Area of breeding biotopes on the plot (km²),

n – Число занятых гнездовых участков / Number of occupied breeding territories (OBT),

DP – Плотность занятых гнездовых участков на площадке (пар/100 км²) / Density of OBT on the plot (pairs/100 km²),

DH – Плотность занятых гнездовых участков в местообитаниях на площадке (пар/100 км²) / Density of OBT in habitats on the plot (pairs/100 km²),

DBB – Плотность занятых гнездовых участков в гнездопригодных биотопах на площадке (пар/100 км²) / Density of OBT in breeding biotopes on the plot (pairs/100 km²),

Sn – Число успешных гнёзд на момент первой летней проверки / Number of successful nests (SN) in the first summer research,

DSP – Плотность успешных гнёзд на площадке (пар/100 км²) / Density of SN on the plot (pairs/100 km²),

DSH – Плотность успешных гнёзд в местообитаниях на площадке (пар/100 км²) / Density of SN in habitats on the plot (pairs/100 km²),

DSBB – Плотность успешных гнёзд в гнездопригодных биотопах на площадке (пар/100 км²) / Density of SN in breeding biotopes on the plot (pairs/100 km²),

Sn/n, % – Доля успешных гнёзд от числа занятых гнездовых участков, в % / Share of successful nests from the number of occupied breeding territories, in %.

Примечания / Notes:

* без учёта площадок с нулевыми данными / excluding plots with null data.

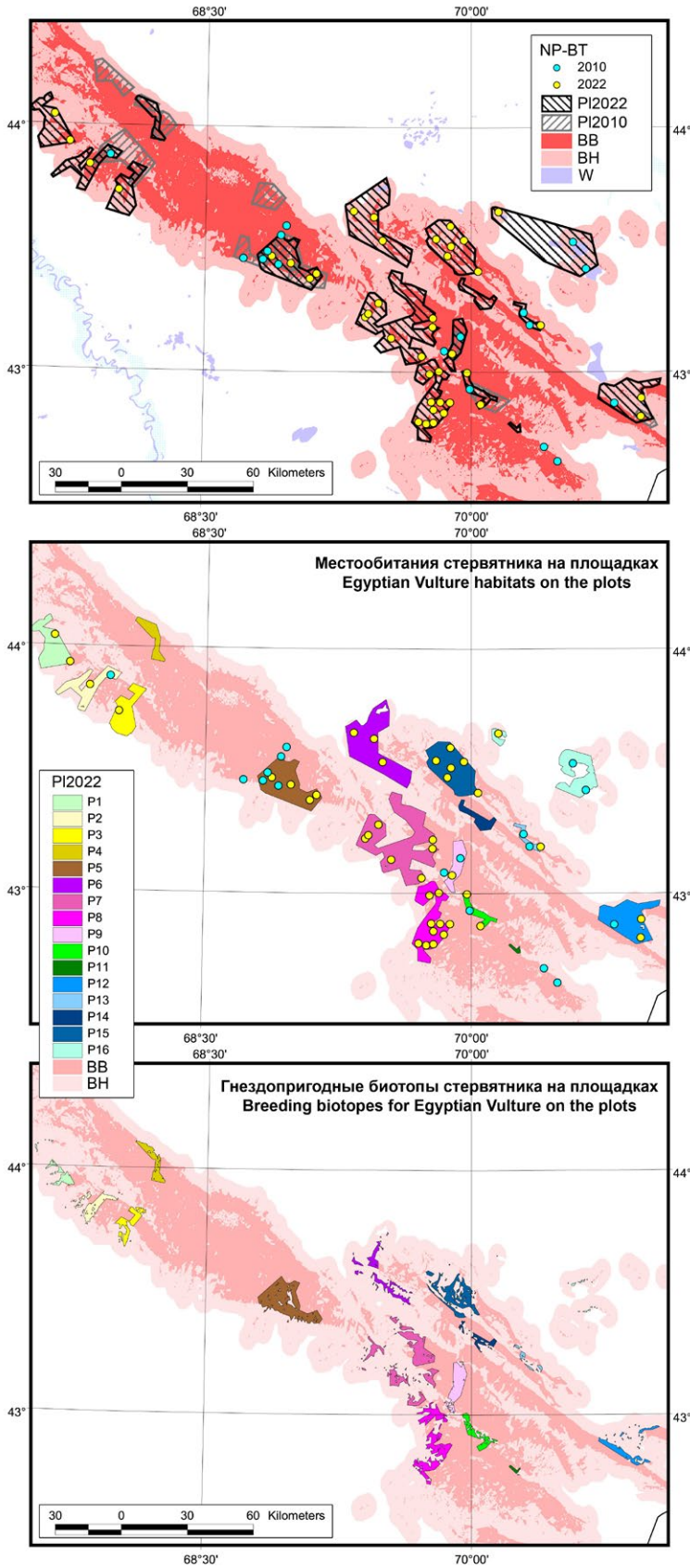


Рис. 19. Гнездопригодные биотопы и местообитания стервятника на площадках в Каратау. Условные обозначения: NP-BT – гнездовые участки стервятника, выявленные в 2010 и 2022 гг., PL2022 – учётные площадки, заложенные в 2022 г., PL2010 – учётные площадки, заложенные в 2010 г., BB – гнездопригодные для стервятника биотопы, BH – местообитания стервятника, W – водоёмы.

Fig. 19. Egyptian Vulture breeding biotopes and habitats on plots in Karatau. Legend: NP-BT – Egyptian Vulture breeding territories identified in 2010 and 2022, PL2022 – survey plots established in 2022, PL2010 – survey plots established in 2010, BB – Egyptian Vulture breeding biotopes, BH – Egyptian Vulture habitats, W – water bodies.

roughly assume that the average abundance of EV breeding in Karatau ranges from 229 to 292 pairs. However, considering the uneven distribution of the species in habitats, we use a more rigorous calculation.

Plot survey results are shown in Table 10, areas of EV breeding biotopes and habitats on plots are visualized in Fig. 19. We provide data for 2010, but do not use them in full to calculate species abundance. There are a few reasons for this. Firstly, some plots were surveyed before 15 April in 2010, when not all EVs were on nests, and many of them had not yet settled on clutches. Secondly, not all areas surveyed in 2010 were re-visited in 2022. As such, the results of plot counts are given mainly for 2022, adjusted for bird redistribution there relative to 2010, but we also considered data from 2010 in plots that were skipped in 2022. Based on the EV breeding territories identified in 2010 but not visited in 2022, we assume that there have been no changes and the territories remain.

EV nesting density on plots, considering plots where the species was not found (hereinafter referred to as null plots), was 0.74 pairs/100 km², including 0.84 pairs/100 km² in habitats on plots and in breeding biotopes on sites – 2.2 pairs/100 km². Excluding null plots, the distribution density of occupied EV breeding territories was 0.84 pairs/100 km², including habitats on plots – 0.97 pairs/100 km², and in breeding biotopes on plots – 2.74 pairs/100 km².

Occupied EV breeding territories density extrapolation in habitats on plots (considering null plots $M \pm SE$: 0.84 ± 0.17 pairs/100 km², asymmetric confidence interval from 0.66 to 1.08 pairs/100 km²) to the total habitat area in Karatau (34,576.8 km²) suggests nesting by 227–374 pairs, with an average of 292 pairs. Species nesting density indicators, including null plots, are lower by 11.6–19.6% than

биотопов стервятника в Каратау. Учитывая 31 занятый гнездовой участок, выявленный на учётных площадках в 2022 г., грубо можно предполагать среднюю численность стервятника на гнездовании в Кара-

тау в диапазоне от 229 до 292 пар. Однако, учитывая неравномерность распределения вида в местообитаниях, мы делаем более строгий расчёт.

Результаты площадочных учётов отражены в таблице 10, площади гнездопригодных биотопов и местообитаний стервятника на площадках визуализированы на рисунке 19. Мы приводим данные за 2010 г., но не привлекаем их в полном объёме для расчёта численности. На это имеется ряд причин. Первая причина – то, что в 2010 г. часть площадок была обследована до 15 апреля, когда не все стервятники ещё были у гнёзд и многие из них ещё не сели на кладки. Вторая – при посещении площадок в 2022 г. не все площади, обследованные в 2010 г., посещались повторно. Таким образом, результаты площадочных учётов даны преимущественно для 2022 г. с поправкой на перераспределение птиц на них относительно 2010 г., но учитывают и данные 2010 г. в необследованной в 2022 г. части площадок. По гнездовым участкам стервятника, выявленным в 2010 г. но не проверенным в 2022 г., мы допускаем, что изменений не произошло и участки сохраняются.

Плотность гнездования стервятника на площадках, с учётом площадок, на которых вид не был обнаружен (далее «нулевые» площадки), составила 0,74 пары/100 км², в том числе в местообитаниях на площадках – 0,84 пары/100 км² и в гнездопригодных биотопах на площадках – 2,2 пары/100 км². Без учёта «нулевых» площадок, плотность распределения занятых гнездовых участков стервятника составила 0,84 пары/100 км², в том числе в местообитаниях на площадках – 0,97 пар/100 км² и в гнездопригодных биотопах на площадках – 2,74 пары/100 км².

Экстраполяция плотности занятых гнездовых участков стервятника в местообитаниях на площадках (с учётом «нулевых» площадок $M \pm SE$: 0,84 \pm 0,17 пар/100 км², несимметричный доверительный интервал от 0,66 до 1,08 пар/100 км²) на общую площадь местообитаний в Каратау (34576,8 км²) предполагает гнездование от 227 до 374 пар, в среднем 292 пары. Показатели плотности гнездования вида с учётом «нулевых» площадок ниже на 11,6–19,6%, нежели без таковых. Поэтому верхняя оценка численности без учёта «нулевых» площадок поддерживающая идею о том, что на них был возможен пропуск гнездовых участков, может быть 262–431 пар, в среднем 337 пар.

Экстраполяция плотности занятых гнездовых участков стервятника в гнездопригодных биотопах на площадках (с учётом



Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

without them. Therefore, the upper estimate of abundance, without null plots, could be 262–431 pairs with an average of 337 pairs (if one accepts the idea that nesting sites may have been missed.).

Occupied EV breeding territories density extrapolation in breeding biotopes on plots (considering the null plots $M \pm SE$: 2.2 \pm 0.21 pairs/100 km², asymmetric confidence interval from 1.65 to 2.95 pairs/100 km²) to the total breeding biotopes in Karatau (10,378.85 km²) suggests nesting by 171–306 pairs, with an average of 229 pairs. Upper estimate of abundance, without null plots, could be 227–357 pairs with an average of 284 pairs (if one accepts the idea that nesting sites may have been missed.).

Calculating abundance by the method of generating random points over a given range of distances between nearest neighbors based on a regular network (RPG)

We built a network of points based on the range of distances between nearest neighbors (from minimum to average) without taking into account corrective distribution of covariates (for example, distance to farms), without attributing generated points to real breeding territories, and without correcting for the distribution density of real EV breeding territories in various cells of a regular network. Therefore, it cannot be considered a complete method for constructing a network of potential breeding territories, which is more

«нулевых» площадок $M \pm SE$: $2,2 \pm 0,21$ пар/100 км², несимметричный доверительный интервал от 1,65 до 2,95 пар/100 км²) на общую площадь гнездопригодных биотопов в Каратау (10378,85 км²) предполагает гнездование от 171 до 306 пар, в среднем 229 пары. Верхняя оценка численности без учёта «нулевых» площадок, поддерживающая идею о том, что на них был возможен пропуск гнездовых участков, может быть 227–357 пар, в среднем 284 пары.

Расчёт численности методом генерации случайных точек по заданному диапазону дистанций между ближайшими соседями на основе регулярной сети (ГСЧ)

Мы построили сеть точек на основании диапазона дистанций между ближайшими соседями (от минимальной до средней) без учёта корректирующих распределение ковариат (например, дистанции до ферм), без притяжки сгенерированных точек к реальным гнездовым участкам и без коррекции по плотности распределения реальных гнездовых участков стервятника в различных ячейках регулярной сети. Поэтому это нельзя считать полноценным методом построения сети потенциальных гнездовых участков, который является более точным. Данный метод позволил вписать в контур местообитаний стервятника на Каратау от 165 до 469 точек. Эти показатели определяют пределы ёмкости среды для стервятника при существующих параметрах распределения этого вида в пространстве, а реальная численность лежит внутри данного диапазона.

Для наиболее точной валидации сети точек по 59 локациям реальных гнездовых участков стервятника были построены полигоны Тиссена (рис. 20). Общая площадь, занятая полигонами Тиссена составила 5264,1 км². Площадь территории, приходящейся на 1 гнездовой участок стервятника (полигон Тиссена), варьировала от 18,24 до 243,13 км², составив в среднем $89,22 \pm 59,13$ км² (медиана = 67,3 км²).

Метод ГСЧ с валидацией по полигонам Тиссена позволил вписать в контур местообитаний стервятника на Каратау от 232 до 395 сгенерированных точек, 370 точек с максимальным уровнем совпадения с полигонами Тиссена, построенными вокруг реальных гнездовых участков.

Оценка численности (в пределах доверительного интервала) для лучшей модели с валидацией по полигонам Тиссена варьировала от 250 до 397 гнездящихся пар, составив в среднем $307 \pm 33,57$ пар.

accurate. This method allowed us to inscribe from 165 to 469 points into the contour of EV habitats in Karatau. These numbers determine EV habitat capacity limits under existing species parameters in space, and the real number lies within this range.

For the most accurate validation of the points network, Thiessen polygons were constructed for 59 real EV breeding territory locations (Fig. 20). The total area occupied by Thiessen polygons was 5,264.1 km². The area per single EV breeding territory (Thiessen polygon) varied from 18.24 to 243.13 km², averaging 89.22 ± 59.13 km² (median = 67.3 km²).

The RPG method with validation by Thiessen polygons made it possible to inscribe 232 to 395 generated points, 370 points with the maximum level of matching with Thiessen polygons built around real breeding territories, into the outline of EV habitats on Karatau.

The estimate of abundance (within the confidence interval) for the best model using validation on Thiessen ranges varied from 250 to 397 breeding pairs, averaging 307 ± 33.57 pairs.

The RPG method with validation by plots (with maximum level of matching of the number of generated points and the number of real breeding territories on plots) made it possible to enter 165–469, 343 points on average, into the outline of EV habitats on Karatau, and the estimate of the number was on average 344 ± 53.11 pairs, from 242 to 599 pairs,



Стервятник. Фото Г. Пуликовой.
Egyptian Vulture. Photo by G. Pulikova.

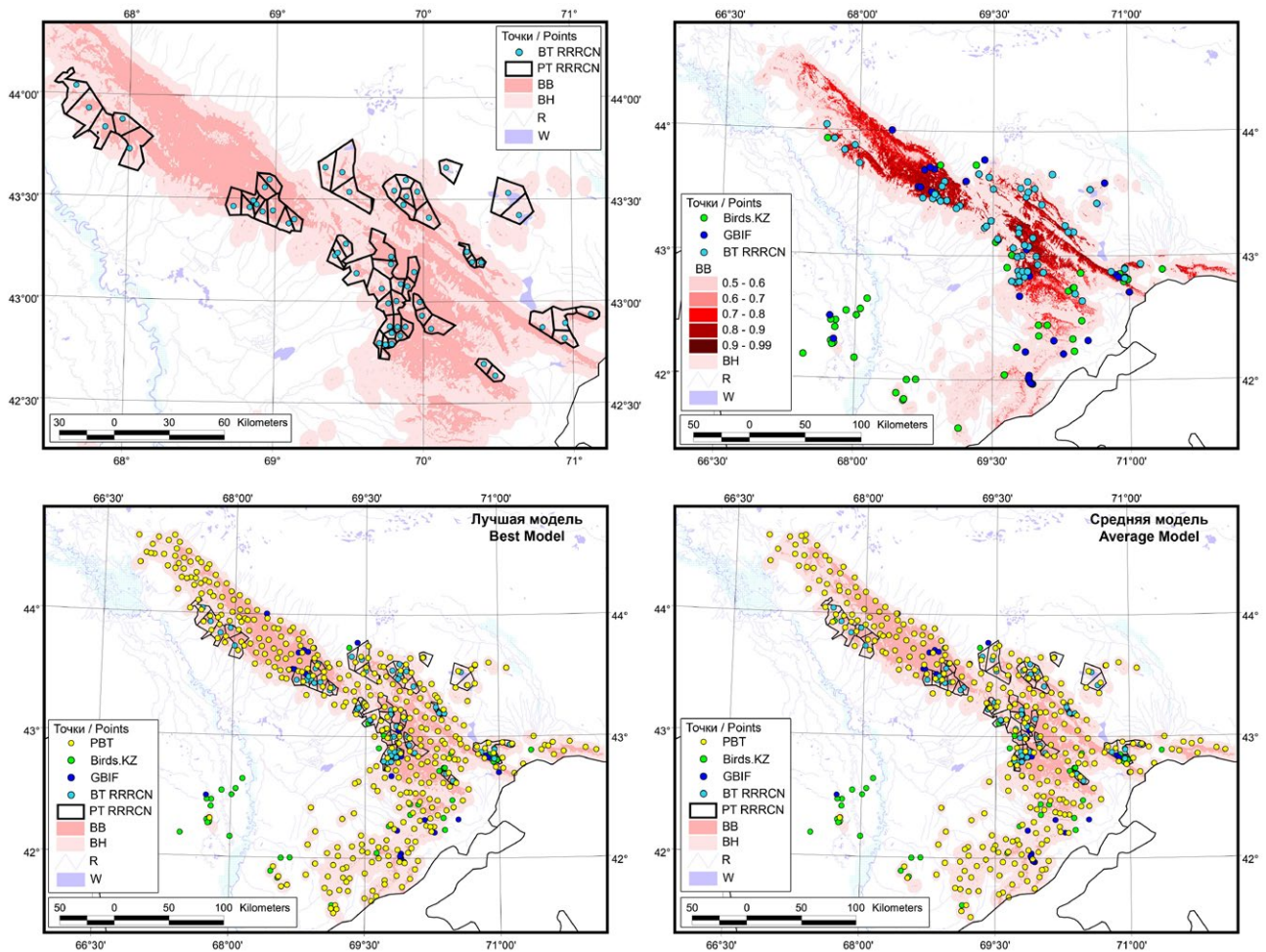


Рис. 20. Полигоны Тиссена, построенные по реальным гнездовым участкам стервятника в Каратау – сверху слева, и сгенерированные точки из лучшей (внизу слева) и средней (внизу справа) моделей с валидацией по полигонам Тиссена. Для сравнения дана карта гнездопригодных биотопов стервятника в Каратау, по которым генерировалась сеть точек, имитирующая распределение потенциальных гнездовых участков стервятника, – сверху справа. Условные обозначения: PBT – сгенерированные точки, имитирующие распределение гнездовых участков стервятника, BT RRRCN – реальные гнездовые участки стервятника, включённые в тренировочный набор для моделирования, GBIF – точки из набора данных, скачанного из GBIF, Birds.KZ – точки из набора данных с казахстанского сайта любителей птиц, PT RRRCN – полигоны Тиссена, построенные по реальным гнездовым участкам стервятника, BB – гнездопригодные биотопы, BH – местообитания, R – реки, W – водоёмы.

Fig. 20. Thiessen polygons constructed from real Egyptian Vulture breeding territories in Karatau – top left, and generated points from best (bottom left) and average (bottom right) models validated by Thiessen polygons. For comparison, a map of Egyptian Vulture breeding biotopes in Karatau is given, from which a network of points was generated that simulated the distribution of potential Egyptian Vulture breeding territories – at the top right. Legend: PBT – generated points simulating the distribution of Egyptian Vulture breeding territories, BT RRRCN – real Egyptian Vulture breeding territories included in the training set for simulation, GBIF – points from the dataset downloaded from GBIF, Birds.kz – points from the dataset from the Kazakhstan birdwatchers’ website, PT RRRCN – Thiessen polygons built from real Egyptian Vulture breeding territories, BB – breeding biotopes, BH – habitats, R – rivers, W – water bodies.

Табл. 11. Результаты оценки численности стервятника в Каратау методом генерации случайных точек по заданному диапазону дистанций между ближайшими соседями на основе регулярной сети.

Table 11. Results of the Egyptian Vulture abundance estimation for the Karatau by the method of generating random points over a given range of distances between the nearest neighbors based on a regular network.

	Минимальное число сгенерированных точек minTotal	Максимальное число сгенерированных точек maxTotal	M±SD	Доверительный интервал Confidence Interval (1±average Validation AbsDeviation)	Результаты проверки паттерна точек по тренировочным и валидационным площадкам Results of checking the pattern of points on training and validation plots			
					Average Validation Deviation	Average Validation AbsDeviation	Average Training Deviation	Average Training AbsDeviation
Полигоны Тиссена Thiessen polygons	232	395	306.5±33.57	249.5–397.3	-0.133	0.228	-0.154	0.166
Площадки / Plots	165	469	344.4±53.11	241.7–598.6	0.082	0.425	-0.042	0.101

Метод ГСЧ с валидацией по площадкам (с максимальным уровнем совпадения числа сгенерированных точек с числом реальных гнездовых участков на площадках) позволил вписать в контур местообитаний стервятника на Каратау от 165 до 469, в среднем 343 точки, а оценка численности составила в среднем $344 \pm 53,11$ пар, от 242 до 599 пар, и оказалась хуже, чем с валидацией по полигонам Тиссена (табл. 11). Детальные данные по генерации точек, имитирующих потенциальные гнездовые участки стервятника, представлены в Приложении 5⁶¹.

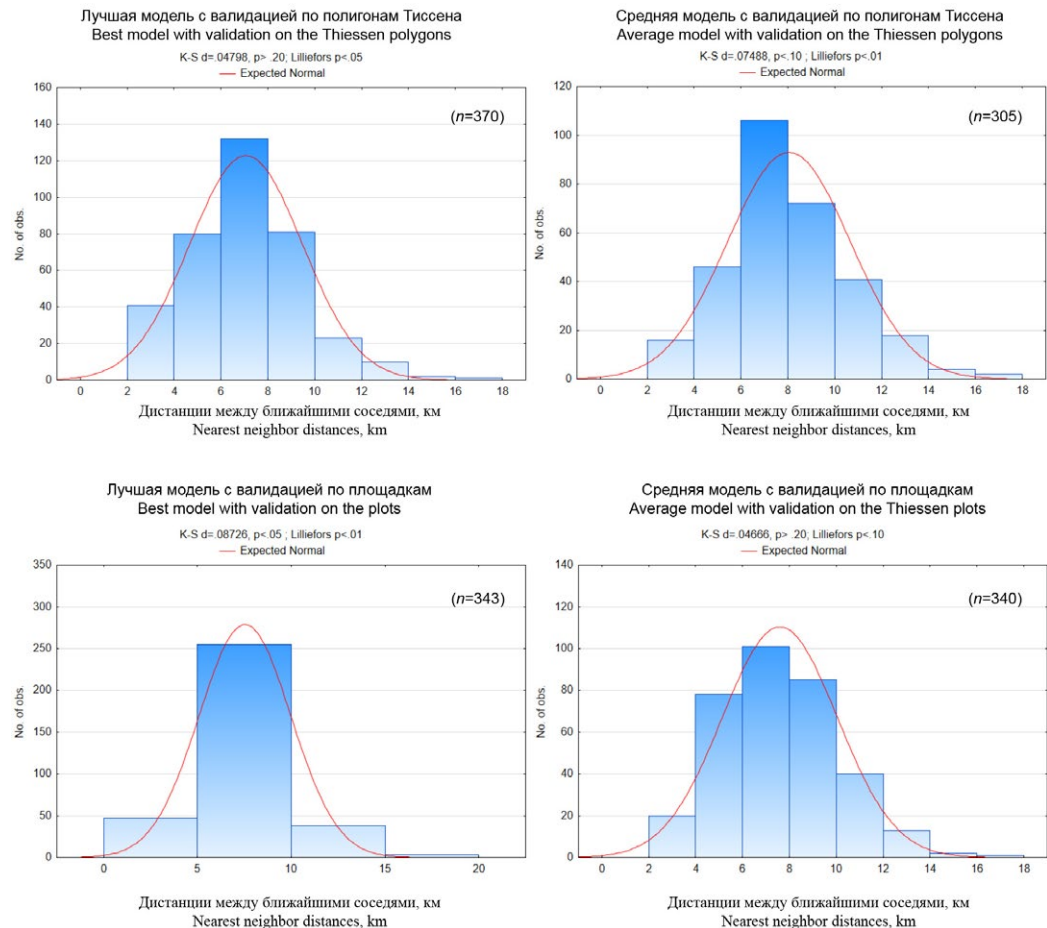
Распределение дистанций между ближайшими соседями в результирующих наборах точек для моделей с валидацией по полигонам Тиссена (средней и лучшей с точки зрения совпадения с реальными гнездовыми участками) и по площадкам показано на рисунке 21 и оно соответствует нормальному, в отличие от распределения дистанций между ближайшими реальными гнёздами стервятника в выборке точек 2022 г. (см. рис. 5А). Ненормальное распределение реальных гнездовых участков стервятника в 2022 г. с минимальным

and turned out to be worse than with validation by Thiessen polygons (Table 11). Detailed data on the generation of points simulating potential EV breeding territories is presented in Appendix 5⁶¹.

The distribution of distances between nearest neighbors in the resulting sets of points for models with validation by Thiessen polygons (average and best in terms of matching real breeding territories) and by plots is shown in Fig. 21, and it corresponds with normal distribution, in contrast with the distribution of distances between nearest real EV nests in the sample of points from 2022 (see Fig. 5A). We explain the abnormal distribution of real EV breeding territories in 2022 with a minimum number of distances in the range of 6–8 km by EV distribution in space both relative to each other and to Golden Eagles exerting predatory pressure on EVs. This is also indicated by a dip in the same distance range (6–8 km) between EV and Golden Eagle nests. When generating a network of points simulating potential EV breeding territories, we ignored the type of distance distribution between nearest neighbors, as we considered it unnecessary to complicate the problem for the purposes of this article.

Рис. 21. Дистанции между ближайшими соседями в результирующих наборах сгенерированных точек, имитирующих распределение гнездовых участков стервятника для средней (справа) и лучшей (слева) моделей по валидации для полигонов Тиссена (вверху) и площадок (внизу).

Fig. 21. Distances between nearest neighbors in resulting sets of generated points simulating the distribution of Egyptian Vulture breeding territories for average (right) and best (left) validation models for Thiessen polygons (top) and plots (bottom).



⁶¹ <http://rrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/App5-PBT.zip>

количеством дистанций в диапазоне 6–8 км, мы объясняем их перераспределением в пространстве как относительно друг друга, так и относительно беркутов, оказывающих на стервятников хищнический пресс. На это указывает и провал в том же диапазоне дистанций (от 6 до 8 км) между гнёздами стервятника и гнёздами беркута. При генерации сети точек, имитирующей потенциальные гнездовые участки стервятника, мы игнорировали тип распределения дистанций между ближайшими соседями, так как посчитали ненужным усложнять задачу для целей данной статьи.

Карты распределения точек для оценки численности стервятника в Каратау (без коррекции) из лучшей и средней моделей

Point distribution maps for estimating EV abundance in Karatau (without correction) from best and average models with validation by Thiessen polygons are shown in Fig. 20; maps of distribution density for these points, built with varying search radiuses (10 and 25 km respectively) are shown in Fig. 22.

Estimating abundance of successful pairs

2010 surveys took place in early spring, so we cannot use them to form a general idea of EV nest departure in mid-summer. Instead, we must rely exclusively on 2022 data in this matter. In 2022, abandonment of EV nests by July was 51.6%, and abandonment in July was 23.1% (survival rate of nests during the breeding season was determined to be only 25.32%).

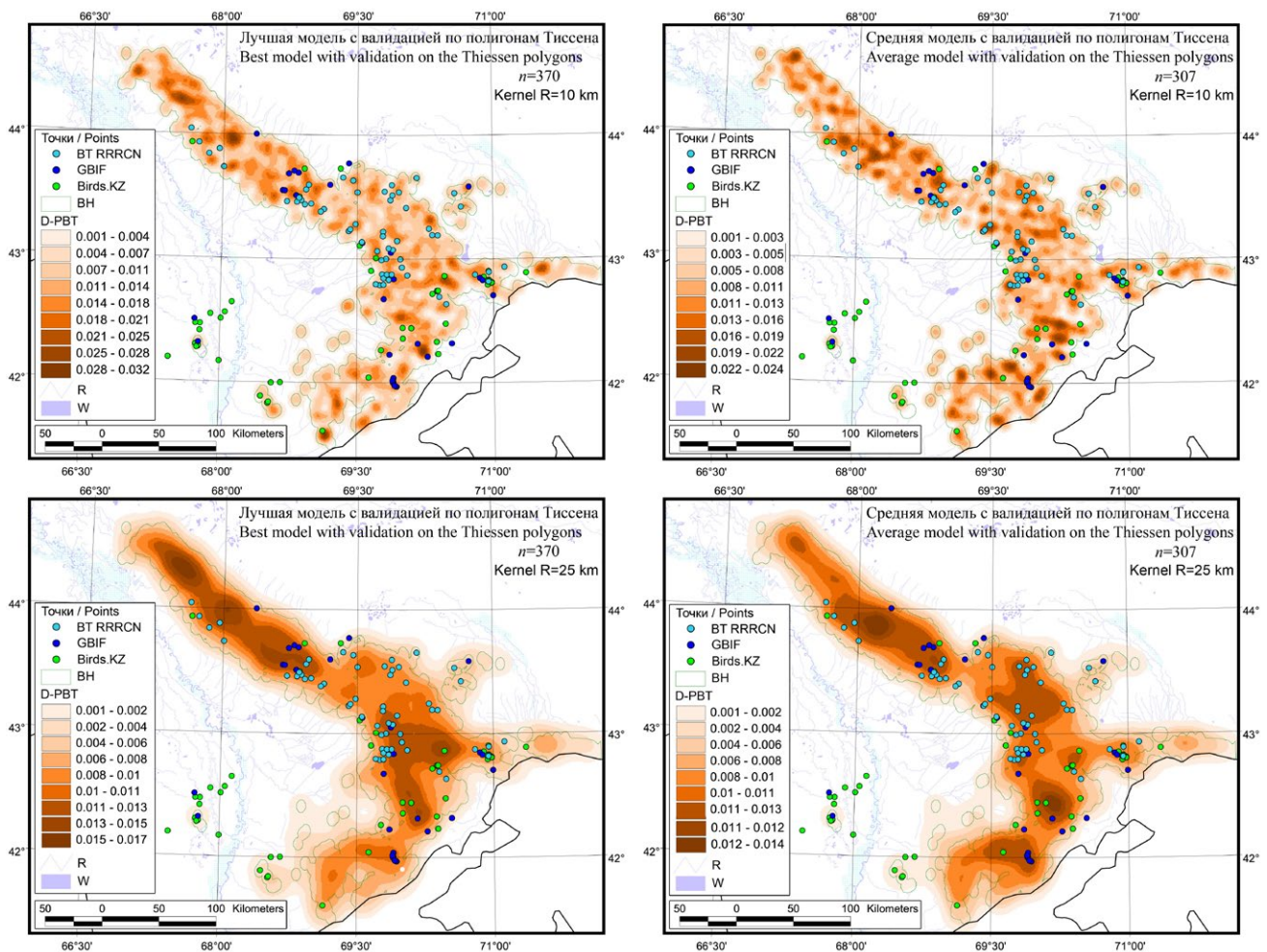


Рис. 22. Карты плотности с радиусом поиска 10 км (слева) и 25 км (справа), построенные по сгенерированным точкам лучшей (вверху) и средней (внизу) моделей с валидацией по полигонам Тиссена. Условные обозначения: PBT – сгенерированные точки, имитирующие распределение гнездовых участков стервятника, D PBT – визуализация плотности распределения точек потенциальных гнездовых участков, BT RRRCN – реальные гнездовые участки стервятника, включённые в тренировочный набор для моделирования, GBIF – точки из набора данных, скачанного из GBIF, Birds.KZ – точки из набора данных с казахстанского сайта любителей птиц, BH – гнездопригодные биотопы, BH – местообитания, R – реки, W – водоёмы.

Fig. 22. Density maps with a search radius of 10 km (left) and 25 km (right), built from generated points of best (top) and average (bottom) models with validation by Thiessen polygons. Legend: PBT – generated points simulating the distribution of breeding territories of the EV, D PBT – density visualization of points of potential breeding territories, BT RRRCN – real Egyptian Vulture breeding territories included in the training set for modeling, GBIF – points from the dataset downloaded from GBIF, Birds.KZ – points from the dataset from the Kazakhstan birdwatchers website, BH – breeding biotopes, BH – habitats, R – rivers, W – water bodies.

с валидацией по полигонам Тиссена показаны на рисунке 20, карты плотности распределения этих точек, построенные с разным радиусом поиска (10 и 25 км соответственно) показаны на рисунке 22.

Оценка численности успешных пар

Учёты 2010 г. проводились в ранневесенний период, поэтому по ним мы не можем составить общее представление об отходе гнёзд стервятника к середине лета, поэтому приходится опираться только на данные 2022 г. в этом вопросе. В 2022 г. отход гнёзд стервятника к июлю составил 51,6%, и отход в течение июля – 23,1% (выживаемость гнёзд за сезон размножения определена всего в 25,32%).

В ходе площадочных учётов 2022 г. была рассчитана плотность распределения успешных гнёзд стервятника по состоянию на начало июля. На площадках (с учётом площадок, на которых вид не был обнаружен) плотность успешных гнёзд составила 0,36 пар/100 км², в том числе в местообитаниях на площадках – 0,41 пар/100 км² и в гнездопригодных биотопах на площадках – 1,07 пар/100 км². Без учёта «нулевых» площадок, плотность распределения успешных гнёзд стервятника на площадках составила 0,40 пар/100 км², в том числе в местообитаниях на площадках – 0,47 пар/100 км² и в гнездопригодных биотопах на площадках – 1,33 пары/100 км².

Экстраполяция плотности успешных гнёзд стервятника в местообитаниях на площадках (с учётом «нулевых» площадок $M \pm SE$: 0,41 \pm 0,25 пар/100 км², доверительный интервал от 0,29 до 0,58 пар/100 км²) на общую площадь местообитаний в Каратау (34576,8 км²) предполагает успешное гнездование от 100 до 200 пар, в среднем 141 пар. Показатели плотности распределения успешных гнёзд с учётом «нулевых» площадок ниже на 11,6–19,6%, нежели без таковых. Поэтому Верхняя оценка численности успешных пар без учёта «нулевых» площадок может быть 115–230 пар, в среднем 162 пары.

Учитывая отход гнёзд стервятника в течение июля 2022 г. – 23,1%, можно предполагать, что успешными в соответствии с нижней и верхней оценками численности по данным площадочных учётов являются от 37–73 пар (в среднем 53) до 54–77 пар (в среднем 67).

При обработке учётных данных, полученных на линейных трансектах, успешные гнёзда никак не отделялись от занятых. Поэтому оценка численности в Distance сде-



Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

During plot surveys in 2022, the distribution density of successful EV nests was calculated as of the beginning of July. On plots (taking into account those where the species was not found), successful nest density was 0.36 pairs/100 км², including 0.41 pairs/100 км² in habitats on plots, and 1.07 pairs/100 км² in breeding biotopes on plots. Without null plots, the distribution density of successful EV nests on plots was 0.40 pairs/100 км², including 0.47 pairs/100 км² in habitats on plots and 1.33 pairs/100 км² in breeding biotopes on plots.

Extrapolation of successful EV nest density in habitats on plots (taking into account null plots $M \pm SE$: 0.41 \pm 0.25 pairs/100 км², confidence interval of 0.29 to 0.58 pairs/100 км²) over a total habitat area in Karatau (34,576.8 км²) suggests successful nesting of 100 to 200 pairs, with an average of 141 pairs. The distribution density of successful nests (taking into account null plots), is lower by 11.6–19.6% than without them. Therefore, the upper estimate of successful pair abundance without taking into account null plots could be 115–230 pairs, on average 162 pairs.

Considering 23.1% abandonment of EV nests in July 2022, it can be assumed that from 37–73 pairs (53 on average) to 54–77 pairs (on average 67) are successful according to the lower and upper estimates of abundance.

When processing census data obtained on linear transects, successful nests and occupied

лана исключительно по занятым гнездовым участкам. Применив к ней уровень отхода гнёзд в течение всего сезона (51,6% – до июля и 23,1% – в течение июля), мы полагаем, что 68–127 пар, в среднем 93 пары в 2022 г. являлись успешными и докормили птенцов до слёта.

Аналогичным образом, посчитав отход гнёзд из массива сгенерированных точек, имитирующих распределение гнездовых участков стервятника, для лучшей модели с валидацией по полигонам Тиссена получаем оценку численности в 59–100, в среднем 78 успешных пар (63–101 успешная пара для доверительного интервала) и для лучшей модели с валидацией по площадкам – 42–119, в среднем 87 успешных пар (61–152 успешных пары для доверительного интервала).

Итоговая оценка численности стервятника в Каратау

Как показано выше, оценки численности стервятника в Каратау, полученные разными методами, варьируют от 165 до 599 гнездящихся пар и от 37 до 152 успешных пар (табл. 12).

Пересчёт с линейных трансект в Distance Sampling даёт один из самых больших верхних пределов оценки численности и большой разброс значений доверительного интервала. Этот метод на наш взгляд завышает оценку численности, что связано с занижением эффективной ширины учётной полосы. Связано это в первую очередь с тем, что гнёзда стервятников, как и сами гнездящиеся птицы, сидящие на скалах, лучше выявляются в диапазоне дистанций выше средних в выборке перпендикулярных дистанций. И это связано не с избеганием птицами человека, а с объективной невозможностью рассматривать ниши и полки на крупных скалах на близких дистанциях и из-под скал. Идеальными условиями для обнаружения стервятников, сидящих на гнёздах, являются такие условия, в которых можно перемещаться на автомобиле в удалении от скал далее 100 м, но не дальше дистанции эффективного наблюдения в оптику (до 400 м) и рассматривать скалы с их уровня, или даже под некоторым углом сверху. Обычно именно такие условия и выбираются в ходе полевых исследований для улучшения выявляемости гнёзд стервятника. Они способствуют лучшему обнаружению гнёзд стервятника, но в то же время вносят искажения в модель обнаруживаемости птиц и расчёты их численности.

нests were not separated. Therefore, estimation of abundance in Distance was made exclusively based on occupied breeding territories. After applying the rate of nest abandonment rate throughout the season (51.6% before July and 23.1% during July), we believe that 68–127 pairs, with an average of 93 pairs in 2022, were successful and fed nestlings up to flight.

Similarly, by counting nest abandonment from an array of generated points simulating the distribution of EV breeding territories, for the best model with validation by Thiessen polygons, we obtained an abundance estimate of 59–100, an average of 78 successful pairs (63–101 successful pairs for the confidence interval) and for the best plot-validated models – 42–119, with an average of 87 successful pairs (61–152 successful pairs for the confidence interval).

Final evaluation of Egyptian Vulture abundance in Karatau

As shown above, estimates of Karatau EV abundance by various methods ranges from 165 to 599 breeding pairs and from 37 to 152 successful pairs (Table 12).

Recalculation from linear transects to Distance Sampling gives one of the largest upper bounds on abundance estimates and a wide range of confidence interval values. In our opinion, this method overestimates abundance, which is associated with an underestimation of the survey band effective width. This is primarily due to the fact that EV nests, as well as the nesting birds themselves sitting on the rocks, are better detected in a distance range above the average in the sample of perpendicular distances. This is not due to the birds' avoidance of humans, but to the objective impossibility of viewing niches and shelves on large rocks at close distances and from beneath the rocks.

Ideal conditions for detecting nesting EVs are those in which you can drive a car at a distance greater than 100 m from the rocks, but not further than the effective optical observation distance (up to 400 m), and view the rocks from their level, or even at some angle from above. Typically, these are the conditions chosen during field research to improve the detection of EV nests. They facilitate improved detection of EV nests, but at the same time, they introduce distortions into the model of bird detection and calculation of abundance.

The second problem is that many census efforts for estimating EV abundance are concentrated in the best habitats of this species,

Табл. 12. Результаты оценки численности стервятника в Каратау разными методами.

Table 12. Results of Egyptian Vulture abundance estimation for Karatau by different methods.

Метод оценки численности Population estimation method	Гнездящиеся пары Breeding pairs		Успешные пары Successful pairs
	Среднее (Мин-Макс) Average (Min-Max)	Тип расчёта Calculation type	Среднее (Мин-Макс) Average (Min-Max)
Линейные трансекты Line transects in Distance Sampling	367 (268–503)	%	93 (68–127)
Площадки с учётом «нулевых» (экстраполяция на местообитания) Plots including plots with null data (extrapolation to habitats)	292 (227–374)	D+%	53 (37–73)
Площадки без учёта «нулевых» (экстраполяция на местообитания) Plots excluding plots with null data (extrapolation to habitats)	337 (262–431)	D+%	67 (54–77)
Площадки с учётом «нулевых» (экстраполяция на гнездопригодные биотопы) Plots including plots with null data (extrapolation to breeding biotopes)	229 (171–306)	%	58 (43–77)
Площадки без учёта «нулевых» (экстраполяция на гнездопригодные биотопы) Plots excluding plots with null data (extrapolation to breeding biotopes)	284 (227–357)	%	72 (57–90)
Генерация случайных точек (ГСЧ) с валидацией по полигонам Тиссена – лучший результат валидации Random point generation (RPG) with Thiessen polygon validation – best validation result	370 (232–395)	%	94 (59–100)
ГСЧ с валидацией по полигонам Тиссена – средний результат валидации RPG with validation on Thiessen polygons – average validation result	307 (250–397)	%	78 (63–101)
ГСЧ с валидацией по площадкам – лучший результат валидации RPG with validation on plots – best validation result	343 (165–469)	%	87 (42–119)
ГСЧ с валидацией по площадкам – средний результат валидации RPG with validation on plots – average validation result	344 (242–599)	%	87 (61–152)
ГСЧ с валидацией по полигонам Тиссена и корректировкой по пространственным переменным RPG validated on Thiessen polygons and corrected for spatial variables	282 (175–302)	%	71 (45–76)
ГСЧ с валидацией по полигонам Тиссена, корректировкой по пространственным переменным и верификацией итогового паттерна точек RPG validated on Thiessen polygons corrected for spatial variables and verification of the final layer of points	278 (171–298)	%	69 (43–74)

Второй проблемой является то, что многие учётные усилия для оценки численности стервятника сконцентрированы в лучших местообитаниях этого вида, где плотность априори является наиболее высокой относительно остальной части местообитаний. Чтобы корректно экстраполировать данные из предвзятой выборки, необходимо включение в анализ ковариат, таких как дистанции между ближайшими соседями, от гнёзд до ферм или важных переменных из ДЗЗ. Distance располагает подобным инструментарием. Но так как в данной работе мы не озадачивались подбором ковариат, приходится констатировать факт не-

where the density is a priori the highest relative to other habitats. In order to correctly extrapolate data from a biased sample, it is necessary to include covariates in the analysis, such as distances between nearest neighbors and/or from nests to farms or important variables from remote sensing. Distance has a comparable toolkit. Because we did not aim at the selection of covariates for this study, we must state the fact of insufficient adaptation of Distance by us for the purposes of this study.

Plot surveys may underestimate abundance due to the plots present in the sample where the species was not found for some reason,

достаточной адаптации Distance нами под цели данного исследования.

Площадочные учёты могут занижать оценку численности по причине присутствия в выборке площадок, на которых вид не был обнаружен по каким-то причинам, и не всегда это является отсутствием вида. Казалось бы, «нулевые» площадки можно исключить из алгоритма расчёта численности, но тогда возможно завышение численности, так как всегда остаётся вероятность реального отсутствия вида на «нулевых» площадках. Избавиться от завышения численности при экстраполяции показателей плотности птиц или их гнёзд с учётных площадок можно, оценив вероятность пропуска птиц на «нулевых» площадках. Но это усложняет оценку численности и требует более значительных усилий для обработки данных и статистики. Хотя всегда можно допустить 50% вероятность пропуска птиц на «нулевых» площадках и усреднять данные по ним и по тем площадкам, на которых вид обнаружен.

Промежуточным по сложности и вероятности искажения оценки численности является метод генерации случайных точек, имитирующих распределение гнездовых участков изучаемого вида на основании дистанций между ближайшими соседями (гнёзда, встречи, приравненные к гнездовым) с валидацией паттерна сгенерированных точек по полигонам Тиссена, построенным вокруг реальных гнездовых участков или, для упрощения анализа, по площадкам. Этот пространственный метод в части валидации по полигонам Тиссена даёт меньший разброс доверительного интервала и, видимо, его следует считать наиболее оптимальным при недостатке данных, их предвзятости и при невозможности вносить коррективы в обработку результатов учёта как на линейных трансектах, так и на площадках. Но при распределении точек присутствия вида, далёком от нормального, метод ГСЧ будет искажать оценку численности в сторону её завышения и также будет требовать корректировки.

В нашем исследовании мы улучшили результат оценки численности стервятника, внося коррективы в распределение точек, имитирующих гнездовые участки стервятника в соответствии с методикой, приблизив тем самым их паттерн к схеме потенциальных гнездовых участков.

Мы обработали слой из 370 точек, сгенерированных в соответствии с моделью, показавшей лучший результат валидации по полигонам Тиссена. После отсека

and this does not always indicate clear absence of the species. It would seem that null plots could be excluded from the abundance calculation algorithm, but then overestimation of abundance becomes possible, since there is always the possibility of actual absence of the species in null plots. To eliminate abundance overestimation when extrapolating the density of birds or their nests on survey plots, it is possible to estimate the probability of missing birds on null plots. But this complicates the abundance estimation and requires more effort for data processing and statistics. However, it is always possible to assume a 50% probability of missing birds on null plots and average the data for them and for those plots where the species was found.

Intermediate in terms of complexity and probability of distortion in abundance estimates is the method of generating random points that simulate distribution of target species' breeding territories based on the distances between nearest neighbors (nests, encounters equivalent to nesting-related) with validation of the generated points pattern using Thiessen polygons built around real nesting areas or, to simplify analysis, using plots.

This spatial method, insofar as validation using Thiessen polygons goes, results in a smaller spread of confidence interval and, apparently, it should be considered the most optimal method where there is insufficient data, bias, or where it is not possible to adjust the processing of survey results both on linear transects and on plots. But when the species



*Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.*

точек, лежащих в буферных зонах населённых пунктов, и прореживания точек за пределами буферов ферм и в зоне распределения «нулевых» площадок, мы получили паттерн из 282 точек с интервалом в пределах от 175 до 302. Верификация паттерна точек по истинным гнёздам и локациям регулярных встреч птиц, как по нашим данным, так и по данным других авторов, позволила отнести к верифицированным 91 точку (32,3%) из сгенерированного паттерна – эти точки лежали в пределах истинных гнездовых участков стервятника. Четыре точки отнесены к ошибочным – лежащим в пределах гнездовых участков стервятника в паре с другими точками, ближе расположенными к истинным гнёздам. Для 187 точек статус не подтверждён, так как территории, для которых они были сгенерированы, остаются необследованными, но являются гнездопригодными согласно результатам нашего моделирования (рис. 23).

Посчитав отход гнёзд из этого массива сгенерированных точек, мы получили оценку численности в 43–74, в среднем 69 успешных пар (табл. 12, рис. 23). Таким образом, оценку численности стервятника в Каратау в 171–298, в среднем 278 гнездящихся пар, и 43–74, в среднем 69 успешных пар, мы принимаем как итоговую по результатам нашего исследования.

Мы не делали отдельного расчёта численности регистраций птиц, не связанных с гнездовыми участками. Но следует обратить внимание, что частота регистраций во второй половине июля падает в 3 раза относительно весенних показателей (конец апреля – начало мая). В июле 2022 г. мы лишь трижды наблюдали взрослых птиц, не связанных с гнездовыми участками, и 1 неполовозрелую птицу, относительно 12 встреч со взрослыми птицами в мае. Мы связываем это с откочёвкой птиц, потерявших кладки и выводки, в более южные районы (в Узбекистан или Туркменистан). По крайней мере, птицы, рано лишившиеся потомства, перестают наблюдаться на гнездовых участках уже во второй половине июня. При этом в регионе не наблюдаются скопления птиц ни на водопоях, ни на свалках. Нет таких же скоплений и в других регионах Казахстана, в том числе и на подкормочных площадках (см. Пестов и др., 2017; 2019).

Для того чтобы понять, является ли летнее снижение встречаемости стервятника закономерным, мы проанализировали все встречи этого вида в Казахстане по нашим данным и по литературным источникам и



Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

presence points distribution is far from normal, the RPG method will distort abundance value by overestimation and will also require adjustment.

In our study, we improved EV abundance estimation result by making adjustments to the distribution of points simulating EV nesting areas in accordance with the methodology, thereby bringing their pattern closer to the scheme of potential breeding territories.

We processed a layer of 370 points generated according to the model that showed the best validation result for Thiessen polygons. After excluding points lying within the buffer zones of human settlements and thinning out points outside farm buffer zones and in the distribution zone of null plots, we obtained a pattern of 282 points with an interval ranging from 175 to 302.

Verification of the point pattern on the basis of actual nests and regular bird encounter locations, both according to our data and that of other authors, made it possible to attribute 91 points (32.3%) in the generated pattern to verified points – coordinates found within actual EV breeding territories. Four points were classified as erroneous – lying within EV breeding territories paired with other points closer to real nests. Status was not confirmed for 187 points, since the territories for which they were generated remain unsurveyed yet are suitable for nesting according to our modeling results (Fig. 23).

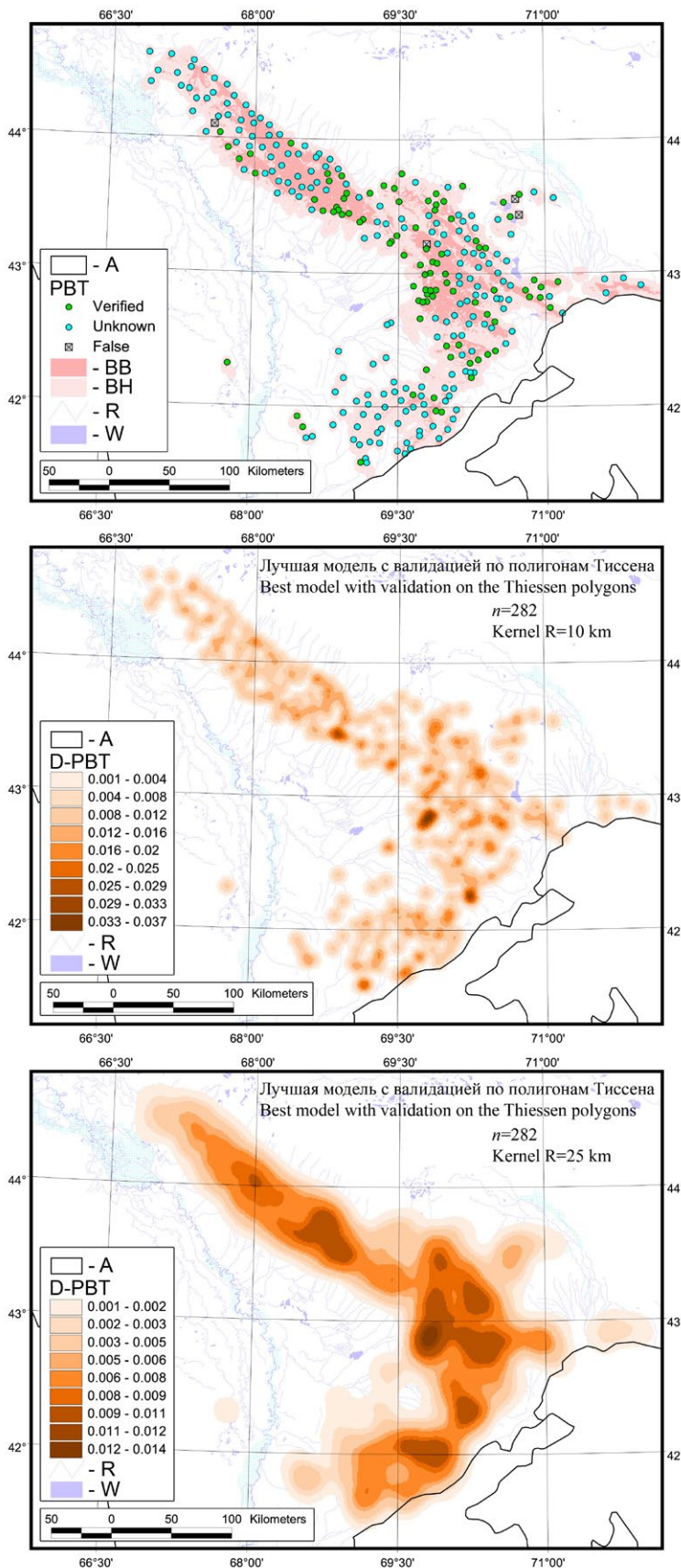


Рис. 23. Схема сгенерированных точек из лучшей модели с валидацией по полигонам Тиссена, откорректированная по буферным зонам населённых пунктов, ферм и «нулевым» площадкам и ранжированная по статусу по результатам верификации (вверху) и карты плотности с радиусом поиска 10 км (в центре) и 25 км (внизу), построенные по этим точкам. Условные обозначения: PBT – сгенерированные точки, имитирующие распределение гнездовых участков стервятника, после коррекции, Verified – гнездование или регулярное присутствие птицы в гнездовой период доказано, Unknown – точка не верифицирована, False – точка ошибочна, так как попадает в гнездовой участок вместе с верифицированной (для одного гнездового участка верифицированной считается точка, максимально близко лежащая к гнезду), D PBT – визуализация плотности распределения точек, имитирующих потенциальные гнездовые участки, BH – местообитания, R – реки, W – водоёмы.

Fig. 23. Scheme of generated points from the best model with validation by Thiessen polygons, adjusted for buffer zones of settlements, farms and null plots and ranked by status according to the results of verification (top) and density map with a search radius of 10 km (center) and 25 km (below), built on these points. Symbols: PBT – generated points imitating the distribution of Egyptian Vulture breeding territories after correction, Verified – nesting or regular bird presence during the breeding period is proven, Unknown – the point is not verified, False – the point is erroneous, as it falls into the breeding territory together with the verified one (for one breeding territory, the point closest to the nest is considered to be verified), D PBT – visualization of the density of points distribution simulating potential breeding territories, BH – habitats, R – rivers, W – water bodies.

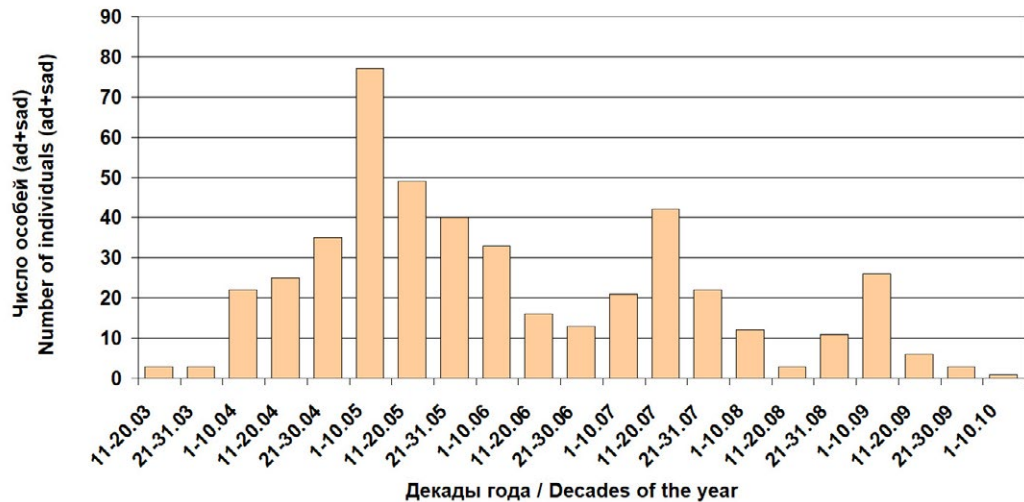
After calculating nest abandonment for this array of generated points, we obtained an abundance estimate of 43–74 with an average of 69 successful pairs (Table 12, Fig 23). Thus, the EV abundance estimate in Karatau is 171–298 breeding pairs, 278 on average, and 43–74 successful pairs, 69 on average, is accepted as final based on the results of our study.

We did not separately calculate the number of bird records not associated with breeding territories. But it should be noted that registration frequency in the second half of July fell by 3 times relative to spring indicators (end of April – beginning of May). In July 2022, we only observed three adult birds not connected with breeding territories and one immature bird, compared to 12 sightings of adult birds in May. We attribute this to the departure of birds that have lost clutches and broods to more southern regions (Uzbekistan or Turkmenistan). In any case, birds that lost their nestlings early are no longer observed on breeding territories by the second half of June at least. At the same time, there are no concentra-

извлекли даты встреч из публикаций. Было использовано 199 источников (46 наших неопубликованных наблюдений, 74 наблюдения с сайта Birds.kz и 79 публикаций),

Рис. 24. Диаграмма частоты встреч стервятника в различные декады года в Казахстане. Источники данных приведены в Приложении 6⁶².

Fig. 24. A diagram of the Egyptian Vulture sightings frequency in various decades of the year in Kazakhstan. Data sources are given in Appendix 6⁶².



которые приводятся в Приложении 6⁶². Анализ 463 наблюдений стервятника также показал 2,6-кратное снижение встречаемости стервятника в июне – июле (в среднем 19,22 особей) относительно периода с 20 апреля по 31 мая (в среднем 50,25 особей) при не менее чем 2-кратном увеличении исследовательских усилий в середине лета – см. рисунок 24.

Минимальная оценка численности холостых птиц в каратауской популяции (по отношению числа их встреч к гнездовым участкам) может составлять 51–89 особей. Таким образом, при численности стервятника в Каратау на конец апреля как минимум 393–685 особей, к концу июля здесь остаётся от 141 до 242, в среднем 226 особей, включая слётков текущего года (из расчёта 1,27 птенцов на успешное гнездо, см. Полевые исследования).

Выживаемость гнёзд

Как уже было отмечено выше, из 19 гнёзд, проверенных трижды в 2010 и 2022 гг., успешными оказалось лишь 57,89%, а общая выживаемость с учётом погибших гнёзд, проверенных 1 раз за сезон, составила всего 25,32%. Отход птенцов старше 50 дней был преимущественно по причине хищничества беркута, но нам не известно от чего погибла основная масса птенцов в более раннем возрасте. Поэтому мы сравнили данные о гибели потомства в гнёздах с погодными, ландшафтными и экологическими факторами, сделав это не для всех гнёзд, а только для проверенных многократно в течение сезона.

По итогам 200 прогонов алгоритма Random Forest десятью наиболее важными переменными, определяющими вы-

тений птиц в регионе либо на водоемах или свалках. Здесь нет таких концентраций в других регионах Казахстана, включая платформы для кормления (см. Pestov *et al.*, 2017; 2019).

В order to understand whether the summer decrease in the EV occurrence is natural, we analyzed all the sightings of this species in Kazakhstan using our data and literature sources, extracting sighting dates from publications. 199 sources were used (46 of our unpublished observations, 74 observations from website Birds.kz, and 79 publications), listed in Appendix 6⁶².

An analysis of 463 EV observations also showed a 2.6-fold decrease in EV occurrence in June – July (average 19.22 individuals), relative to the period 20 April – 31 May (average 50.25 individuals), with at least a twofold increase in research efforts in the middle of summer – see Fig. 24.

The minimum estimate of the number of non-breeding birds in the Karatau population (in relation to the number of their encounters to breeding territories) can be 51–89 individuals. Thus, while the EV population in Karatau at the end of April was at least 393–685 individuals, while by late July 141–242 individuals remain (average of 226 individuals), including fledglings in the current year (based on 1.27 nestlings per successful nest, see Field studies).

Nest survival

As noted above, of 19 nests that were checked three times in 2010 and 2022, only 57.89% were successful, and the overall survival rate, taking into account dead nests checked once per season, was only 25.32%. The mortality of nestlings older than 50 days was mainly due to predation by Golden Eag-

⁶² <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/App6-Phenology.xls>

живаемость птенцов, оказались значения EVI в течение всего сезона размножения (с апреля по август) (от 0,38 до 0,77), особенно в августе, дистанции до гнёзд беркута (0,60), площадь открытой земли и скал, площадь травяной растительности, возраст птенцов (0,40–0,41) и температура июня (вес в модели всего 0,32). Полные данные по весу переменных в модели показаны в табл. 13.

Из нескольких десятков линейных моделей, определяющих выживаемость гнёзд стервятника, опробованных в соответствии с важностью переменных, хорошие параметры AIC были показаны для 5 моделей – см. табл. 14. Лучшими моделями по AIC являются EVI08 (36,917) и EVI08+dist.

les, but we do not know what caused most nestlings to die at an earlier age. This is why we compared data on offspring mortality in nests with weather, landscape, and environmental factors.

According to the results of 200 runs of the Random Forest algorithm, the ten most important variables that determine the nestlings survival were EVI values during the entire breeding season (from April to August) (from 0.38 to 0.77), especially in August, the distance to Golden Eagle nests (0.60), area of open land and rocks, area of grass vegetation, nestlings age (0.40–0.41), and June temperature (weight in the model is only 0.32). Full data on the weight of variables in the model are shown in Table. 13.

Табл. 13. Средняя важность переменных, влияющих на выживаемость гнёзд стервятника, по итогам 200 прогонов алгоритма Random Forest.

Table 13. Average importance of variables affecting the survival of Egyptian Vulture nests, based on the results of 200 runs of the Random Forest algorithm.

Переменные Variables	Значение по результатам RF Value according to RF	Переменные Variables	Значение по результатам RF Value according to RF	Переменные Variables	Значение по результатам RF Value according to RF	Переменные Variables	Значение по результатам RF Value according to RF
EVI08	0.77	EVI06	0.38	w_s_10	0.21	temp2m05	0.15
dist.Achr	0.60	tp06	0.32	Dist.nei	0.18	dist.farm	0.14
EVI04	0.55	aspect	0.31	tp07	0.18	temp2m08	0.14
EVI05	0.53	tp05	0.28	stemp05	0.17	temp2m07	0.13
EVI07	0.46	tp04	0.27	slope	0.16	stemp04	0.13
WC_B100	0.41	roughness	0.22	temp2m06	0.16	stemp08	0.13
AgeDay1	0.40	vrm	0.22	stemp06	0.16	temp2m04	0.13
WC_G100	0.40	tp08	0.21	elevation	0.16	stemp07	0.12

Расшифровка сокращений / Abbreviations:

EVI – усовершенствованный (или расширенный) вегетационный индекс (две цифры после аббревиатуры обозначают месяц) / Enhanced Vegetation Index (the two digits after the abbreviation indicate the month),

elevation – высота над уровнем моря / altitude above sea level,

slope – уклон местности (описание доступно в Приложении 1⁵⁶) / terrain slope (description available in Appendix 1⁵⁶),

aspect – экспозиция склона (описание доступно в Приложении 1⁵⁶) / angular direction that a slope faces (description available in Appendix 1⁵⁶),

roughness – неровность местности (описание доступно в Приложении 1⁵⁶) / roughness of terrain (description available in Appendix 1⁵⁶),

vrm – векторная мера неровности (описание доступно в Приложении 1⁵⁶) / vector ruggedness measure (description available in Appendix 1⁵⁶),

WC_B100 – площадь голой земли и скал в радиусе 100 м / area of bare ground and rocks within a radius of 100 m,

WC_G100 – площадь покрытия травяной растительностью в радиусе 100 м / grass cover area within a radius of 100 m,

w_s_10 – скорость ветра на высоте 10 м / wind speed at a height of 10 m,

AgeDay1 – возраст птенцов / age of nestlings,

dist.neiv – дистанции между ближайшими соседями стервятника / distances between nearest neighbors of Egyptian Vulture,

dist.Achr – дистанции между гнёздами стервятника и беркута / distances between Egyptian Vulture and Golden Eagle nests,

dist.farm – дистанции от гнёзд стервятника до ферм / distances from Egyptian Vulture nests to farms,

tp – сумма осадков (две цифры после аббревиатуры обозначают месяц) / sum of large-scale precipitation (the two digits after the abbreviation indicate the month),

stemp – температура поверхности земли (две цифры после аббревиатуры обозначают месяц) / temperature of the surface of land (the two digits after the abbreviation indicate the month),

temp2m – температура воздуха на высоте 2 м над поверхностью суши (две цифры после аббревиатуры обозначают месяц) / temperature of air at 2m above the surface of land (the two digits after the abbreviation indicate the month).

Табл. 14. Список линейных моделей, которые были опробованы в MARK в соответствии с важностью переменных, влияющих на выживаемость гнёзд стервятника (для каждой модели указаны параметры AIC).

Table 14. List of linear models according to importance of variables affecting survival of Egyptian Vulture nests tested in MARK (AIC parameters are indicated for each model).

Model	AICc	DeltaAICc	Weight	Deviance
EVI08	36.9171	0.00000	0.3597	32.9092
EVI08 + dist.Achr	37.1351	0.21804	0.3226	31.1194
EVI08 + dist.Achr + WC_B100	39.1435	0.00000	0.3505	31.1174
EVI08 + dist.Achr + WC_B100 + AgeDay1 + tp06	39.2198	0.07627	0.3373	27.1649
EVI08 + dist.Achr + WC_B100 + AgeDay1	39.3746	0.23109	0.3122	29.3355

Расшифровка сокращений / Abbreviations:

EVI – усовершенствованный (или расширенный) вегетационный индекс (две цифры после аббревиатуры обозначают месяц) / Enhanced Vegetation Index (the two digits after the abbreviation indicate the month),

WC_B100 – площадь голой земли и скал в радиусе 100 м / area of bare ground and rocks within a radius of 100 m,

dist.Achr – дистанции между гнёздами стервятника и беркута / distances between Egyptian Vulture and Golden Eagle nests,

AgeDay1 – возраст птенцов / age of nestlings,

tp – сумма осадков (две цифры после аббревиатуры обозначают месяц) / sum of large-scale precipitation (the two digits after the abbreviation indicate the month).

Achr (37,135). Таким образом, фактор, главным образом определяющий выживаемость гнёзд стервятника, – это выпас, пресс которого в течение гнездового сезона мы видим по августовскому EVI – и чем оно больше, а значит меньше пресс выпаса, тем ниже вероятность выживаемости гнёзд. Второстепенным фактором в модели является близость к беркутам, оказывающим хищнический пресс на стервятника – чем ближе к беркутам гнездятся стервятники, тем ниже выживаемость, однако влияние фактора низкий, порядка 0,001 относительно 0,02 у EVI для DSR. Тем не менее, натурными наблюдениями отход выводков в результате хищничества подтверждён достаточно весомый. Но он может быть связан не с территориальными парами беркутов, а с бродячими неполовозрелыми птицами, присутствие которых на гнездовых территориях стервятника очень сложно выявить без длительных наблюдений за гнёздами.

Оценку ежедневной выживаемости (DSR) для многократно проверенных гнёзд стервятника мы рассчитали по модели EVI08+dist.Achr. По данной модели DSR составила ($M \pm SE$) $0,997 \pm 0,0017$ ($ld=0,991$, $ud=0,999$),

Out of several dozen linear models that determine the survival of EV nests, tested according to the importance of variables, good AIC parameters were shown for five models – see Table. 14. The best AIC models are EVI08 (36.917) and EVI08+dist.Achr (37.135). Thus, grazing is the factor that mainly determines EV nests survival. Its pressure during the nesting season we see in the August EVI – and the larger it is, and therefore less grazing pressure, the lower the probability of nests survival. A secondary factor in the model is proximity to Golden Eagles, a species which exerts predatory pressure on the EV: the closer it nests to Golden Eagles, the lower the survival rate, but the influence level of the factor is low, about 0.001 relative to 0.02 for EVI for DSR. Nevertheless, natural observations have confirmed quite significant loss of broods as a result of predation. But it may not be associated with territorial pairs of Golden Eagles, but with vagrant immature birds, presence of which in the EV breeding territories is very difficult to detect without long-term nest observations.

We calculated the daily survival rate (DSR) of EV nests using the EVI08+dist.Achr model.

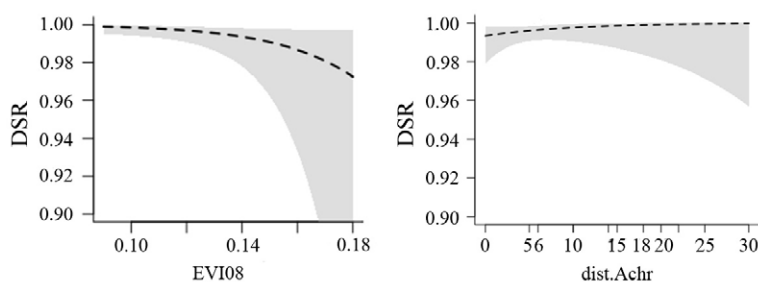


Рис. 25. Графики зависимости DSR от соответствующих переменных в модели EVI08+dist.Achr: слева – EVI08, справа – dist.Achr.

Fig. 25. Graphs of DSR dependence on corresponding variables in the EVI08+dist.Achr model: left – EVI08, right – dist.Achr.

а общая выживаемость гнёзд стервятника за 161 день с момента начала кладки и до начала разлёта выводков составила ($M \pm SE$) $0,624 \pm 0,1685$ ($lcl=0,289$, $ucl=0,872$).

Графики зависимости DSR от соответствующих переменных в модели EVI08+dist.Achr показаны на рис. 25.

Питание

В литературе по Казахстану имеется очень мало сведений о питании стервятника. По данным М.Н. Корелова (1962), стервятник питается самыми разными отбросами, падалью, а иногда, в случае отсутствия этих видов пищи, мелкими животными – ящерицами, змеями, маленькими черепаками; подбирая отбросы, он часто посещает поселения человека. Р.Г. Пфедфер (1990) пишет, что в Юго-восточном Казахстане в 1983–1988 гг. стервятники кормились на трупах сайги (*Saiga tatarica*), овец (*Ovis aries*), кошки (*Felis catus*), колпиды (*Platalea leucorodia*), приносили песчанок (*Gerbillinae* sp.) и ежей (*Erinaceidae* sp.). По данным А.А. Ивашенко (1991), в погадках, собранных под гнездом стервятника в Аксу-Джабаглы, 90% составляли остатки павших домашних животных, остальное – шерсть и кости мышевидных грызунов, мелких воробьиных птиц и в одном случае – часть крыла сизоворонки (*Coracias garrulus*).

Для прилегающей территории Узбекистана имеются сведения о том, что стервятники гнездились рядом с колонией розовых скворцов (*Sturnus roseus*) и кормились их птенцами (Кашкаров, Загребин, 2002).

По нашим наблюдениям в 2010 г., помимо падали важную роль в питании стервятника играли трупы грызунов, как затоптанных скотом, так и раздавленных автотранспортом на дорогах. До четверти останков под гнёздами составляла большая песчанка, затем шли жёлтый суслик, полёвки и тушканчики (*Dipodidae* sp.). Другими доминантами в рационе были ушастый ёж (*Hemiechinus auritus*), желтопузик (*Pseudopus apodus*) и среднеазиатская черепаха (*Testudo horsfieldii*).

В 2022 г. в связи с затяжной депрессией численности грызунов они практически полностью выпали из рациона стервятника, зато увеличилась роль птиц, в особенности сизоворонки, которая наряду с ушастым ежом сейчас является доминантом в рационе стервятника в Каратау (без учёта падали домашнего скота, долю которого мы не можем определить количественно по останкам в гнёздах).

Данные по рациону стервятника в 2010 г. и 2022 г. приведены в таблице 15.

According to this model, DSR was ($M \pm SE$) 0.997 ± 0.0017 ($lcl=0.991$, $ucl=0.999$), and the overall survival of EV nests for 161 days from the start of laying to the start of brood dispersal was ($M \pm SE$) $0.624 \pm 0,1685$ ($lcl=0.289$, $ucl=0.872$).

Graphs of DSR dependence on the corresponding variables in the EVI08+dist.Achr model are shown in Fig. 25.

Diet

Literature on Kazakhstan contains very little information about EV diet. According to M.N. Korelov (1962), EV feeds on a variety of garbage, carrion, and sometimes, in the absence of these types of food, small animals: lizards, snakes, small turtles; in picking up garbage they often visit human settlements. R.G. Pfeffer (1990) writes that in 1983–1988 in Southeast Kazakhstan. EV fed on the carcasses of Saiga (*Saiga tatarica*), Sheep (*Ovis aries*), cats (*Felis catus*), Spoonbills (*Platalea leucorodia*), and brought Gerbils (*Gerbillinae* sp.), and Hedgehogs (*Erinaceidae* sp.). According to A.A. Ivashchenko (1991), 90% of the pellets collected under the EV nest in Aksu-Zhabagly were the remains of dead domestic animals, the rest was the hair and bones of mouse-like rodents, small passerines, and in one case, part of the wing of the European Roller (*Coracias garrulus*).

For the adjacent territory of Uzbekistan, there is evidence that EVs nested near a colony of Rosy Starling (*Sturnus roseus*) and fed on their chicks (Kashkarov, Zagrebina, 2002).

According to our observations in 2010, in addition to carrion, rodent corpses played an important role in EV diet, both those trampled by livestock and crushed by vehicles on roads. Up to a quarter of the remains under nests were the Great Gerbil, then came the Yellow Ground Squirrel, voles, and jerboas (*Dipodidae* sp.). Other dominants in the diet were the Long-Eared Hedgehog (*Hemiechinus auritus*), the European glass lizard (*Pseudopus apodus*), and the Central Asian tortoise (*Testudo horsfieldii*).

In 2022, due to a prolonged depression in the number of rodents, they almost completely dropped out of the EV diet, but the proportion of birds increased, especially the European Roller, which, along with the Long-Eared Hedgehog, is now dominant in EV diet in Karatau (without accounting for dead livestock, the ratio of which we cannot quantify from remains in nests).

EV diet data in 2010 and 2022 are given in Table 15.

Табл. 15. Питание стервятника по данным сборов из гнёзд и с присад около гнёзд в 2010 г. и 2022 г.

Table 15. Egyptian Vulture diet according to data collected from nests and nearby perches in 2010 and 2022.

Вид / Species	Литературные данные						Итого	
	Publications		2010		2022		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Домашний осёл / Wild ass (<i>Equus asinus</i>)			1	0.77			1	0.37
Домашняя овца / Sheep (<i>Ovis aries</i>) + Домашняя коза / Goat (<i>Capra hircus</i>)	10	32.26	7	5.38	9	8.41	26	9.70
Сайгак / Saiga Antelope (<i>Saiga tatarica</i>)	1	3.23					1	0.37
Заяц sp. / Here (<i>Lepus</i> sp.)			1	0.77	1	0.93	2	0.75
Собака / Dog (<i>Canis familiaris</i>)			1	0.77	1	0.93	2	0.75
Кошка / Cat (<i>Felis catus</i>)	1	3.23	1	0.77			2	0.75
Барсук / European Badger (<i>Meles meles</i>)					1	0.93	1	0.37
Лисица / Red Fox (<i>Vulpes vulpes</i>)			1	0.77	1	0.93	2	0.75
Корсак / Corsac Fox (<i>Vulpes corsac</i>)			1	0.77			1	0.37
Жёлтый суслик / Yellow Ground Squirrel (<i>Spermophilus fulvus</i>)			7	5.38			7	2.61
Большая песчанка / Great Gerbil (<i>Rhombomys opimus</i>)			27	20.77			27	10.07
Песчанка sp. / Gerbil species (<i>Gerbillinae</i> sp.)	3	9.68	1	0.77			4	1.49
Тушканчик sp. / Jerboas (<i>Dipodidae</i> sp.)			4	3.08			4	1.49
Полёвка sp. / Voles (<i>Microtinae</i> sp.)			5	3.85	2	1.87	7	2.61
Грызуны sp. / Rodents (<i>Rodentia</i> sp.)			10	7.69	2	1.87	12	4.48
Ёж ушастый / Long-eared Hedgehog (<i>Hemiechinus auritus</i>)			11	8.46	18	16.82	29	10.82
Ёж sp. / Hedgehogs (<i>Erinaceidae</i> sp.)	2	6.45					2	0.75
Колпица / Eurasian Spoonbill (<i>Platalea leucorodia</i>)	1	3.23					1	0.37
Лысуха / Eurasian Coot (<i>Fulica atra</i>)			1	0.77			1	0.37
Курганник / Long-Legged Buzzard (<i>Buteo rufinus</i>)			1	0.77			1	0.37
Пустельга / Common Kestrel (<i>Falco tinnunculus</i>)			2	1.54	2	1.87	4	1.49
Кеклик / Chukar (<i>Alectoris chukar</i>)	1	3.23	4	3.08	5	4.67	10	3.73
Голубь / Pigeons (<i>Columba</i> sp.)			2	1.54	4	3.74	6	2.24
Сизоворонка / European Roller (<i>Coracias garrulus</i>)	1	3.23	3	2.31	19	17.76	23	8.58
Розовый скворец / Rosy Starling (<i>Sturnus roseus</i>)	2	6.45	5	3.85	5	4.67	12	4.48
Врановые sp. / Corvids (<i>Corvidae</i> sp.)			2	1.54	4	3.74	6	2.24
Мелкие воробьиные птицы / Small passerine birds	2	6.45	9	6.92	12	11.21	23	8.58
Желтопузик / European Glass Lizard (<i>Pseudopus apodus</i>)			8	6.15	7	6.54	15	5.60
Змеи sp. / Snakes (<i>Serpentes</i> sp.)	3	9.68	3	2.31	2	1.87	8	2.99
Степная агама / Steppe Agama (<i>Trapelus sanguinolentus</i>)			5	3.85	2	1.87	7	2.61
Ящерицы sp / Lizards (<i>Lacertilia</i> sp.)	3	9.68	1	0.77	2	1.87	6	2.24
Среднеазиатская черепаха / Russian Tortoise (<i>Testudo horsfieldii</i>)	1	3.23	6	4.62	8	7.48	15	5.60
Всего / Total	31	100	130	100	107	100	268	100

Угрозы

Угрозы для стервятника в Каратау мы можем оценить лишь поверхностно, так как целевых исследований не проводилось.

Основной угрозой для стервятника в Каратау, как и для других падальщиков, вероятно, является отравление. Но этот фактор совершенно не изучен и только по косвенным признакам и опросам местного населения можно судить о его влиянии. По крайней мере, для трёх территорий из

Threats

We can only assess the threats to EV in Karatau superficially, as no targeted studies have been conducted.

It is possible that the main threat to EV in Karatau, as for other scavengers, is poisoning. Yet, this factor has not been studied at all, and we can only judge its influence by indirect signs and surveys of local residents. In at least three of the six areas where EV stopped nesting, residents and rangers reported on regular

шести, на которых стервятник прекратил гнездиться, были получены сведения от местных жителей и егерей о регулярном применении отравленных приманок против волков (*Canis lupus*) и шакалов (*Canis aureus*) на данных территориях.

Линии электропередачи (ЛЭП) на бетонных опорах со штыревыми изоляторами, опасные как для стервятников, так и для других хищных птиц, расположены в основном в подножии Каратау, преимущественно в зоне умеренной гибели хищных птиц, где наблюдается регулярная гибель 3–5 видов с плотностью распределения 0,5–1 ос./10 км ЛЭП (Карякин, 2016). Весьма вероятно, что стервятники гибнут на них в незначительном количестве около ферм, которые посещают в поисках пищи, но пока фактических доказательств этому у нас нет.

В 2022 г. в Каратау и в чинковой зоне севернее гор нами было выявлено 386,17 км птицепасных ЛЭП (ПО ЛЭП), из них 71,4 км напряжением 35 кВ и 314,77 км напряжением 6–10 кВ. Не было зафиксировано ни одного участка ПО ЛЭП, оснащённого специальными полимерными птицезащитными устройствами. Подробно на предмет гибели птиц в местообитаниях стервятника было осмотрено 11,29 км разных ПО ЛЭП, всего обнаружены останки 17 птиц разных видов. Отмечен единственный особо опасный участок ПО ЛЭП с холостыми изоляторами, берущий начало в районе с. Жыланды и идущий к ферме. На этом участке длиной 3,12 км отмечена гибель 11 птиц семейства врановых (*Corvidae*), преимущественно грачей (*Corvus frugilegus*) (3,53 ос./км).

Наиболее серьёзный фактор, который может отразиться на всей каратауской популяции стервятников в ближайшее время – это горные разработки. Уже 3 гнездовых участка, выявленных в 2010 г., к 2022 г. оказались брошенными птицами по причине расширения карьеров. Из 41 гнездового участка, занятого птицами в 2022 г., на 8 (19,5%), преимущественно в районе г. Жанатас, проведены геологоразведочные работы со строительством временных дорог и разрушением скал, что вызвало смещение половины пар, старые гнёзда которых попали в зону работ геологов.

В местообитаниях стервятника на Каратау уже построено две ВЭС, в том числе одна – Жанатасская, лежащая между тремя крупными гнездовыми группировками стервятника. Один гнездовой участок стервятников пострадал во время строи-



Птицепасная ЛЭП в подножии Каратау.

Фото И. Карякина.

Bird-hazardous power line at the foot of Karatau.

Photo by I. Karyakin.

use of poisoned baits against Wolves (*Canis lupus*) and Jackals (*Canis aureus*).

Overhead power lines (PL) on concrete poles with pin insulators, dangerous for EV and other raptors, are located mainly at the foot of Karatau, mostly in a zone of moderate raptor mortality, where regular death of 3–5 species are observed with a distribution density 0.5–1 ind./10 km of PL (Karyakin, 2016). It is very likely that EVs are killed in small numbers near farms they visit for food, but so far, we have no actual evidence of this.

In 2022, we identified 386.17 km of bird-hazardous power lines (BH PL) in Karatau and in the chink zone north of the mountains, of which 71.4 km were 35 kV and 314.77 km were 6–10 kV. Not a single section of PL was equipped with special polymer bird protection devices. 11.29 km of different PLs were examined in detail for the death of birds in EV habitats; remains of 17 birds of different species were found. An especially dangerous PL section with idle isolators started near the village of Zhylandy and went to a farm. Here, in this 3.2 km long section, 11 deaths of the birds belonging to Corvidae family (*Corvidae*) were recorded, mainly Rooks (*Corvus frugilegus*) (3.53 ind./km).

The most serious factor that may affect the entire Karatau EV population in the future is mining. Three nests identified in 2010 turned out to already be abandoned in 2022 due to the expansion of quarries. Out of 41 breeding territories occupied in 2022, eight (19.5%, mainly located near Zhanatas) experienced geological exploration accompanied by the

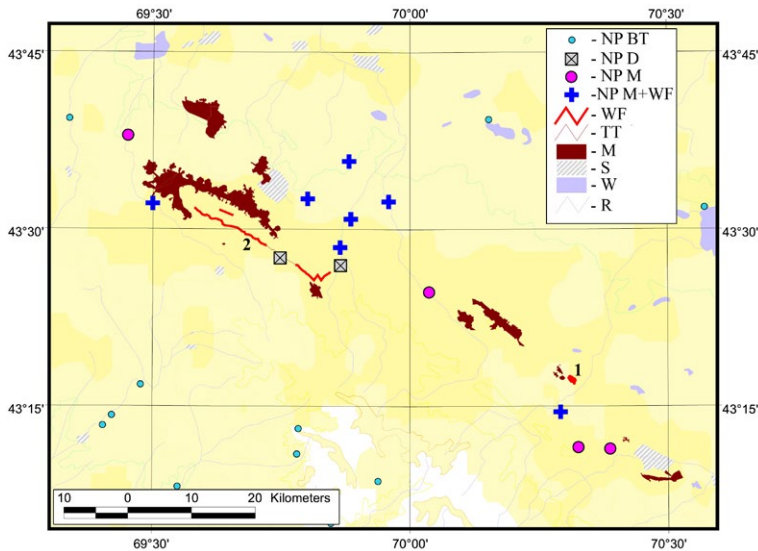


Рис. 26. Угрозы со стороны горной добычи и объектов ветроэнергетики одной из гнездовых группировок стервятника в горах Каратау между городами Жанатас и Каратау. Условные обозначения: NP BT – гнездовые участки стервятника, лежащие за пределами лицензионных участков горнодобывающих компаний и удалённые от ВЭС; NP D – гнездовые участки стервятника, покинутые птицами после строительства Жанатасской ВЭС; NP M – гнездовые участки стервятника, которым угрожает добыча полезных ископаемых, пострадавшие в ходе геологоразведочных работ; NP M+WF – гнездовые участки стервятника, которым угрожает добыча полезных ископаемых и птицы с которых могут погибнуть на ВЭС в ходе летних перемещений и миграции; WF – ВЭС; TT – строящаяся технологическая трасса вдоль турбин ВЭС; M – карьеры, отвалы, горнорудные предприятия; S – населённые пункты; W – водоёмы; R – реки, 1 – ВЭС Коктал, 2 – Жанатасская ВЭС.

Fig. 26. Threats from mining and wind power plants to one of the Egyptian Vulture nesting groups in the Karatau mountains between the cities of Zhanatas and Karatau. Legend: NP BT – EV breeding territories lying outside the licensed areas of mining companies and remote from wind farms; NP D – EV breeding territories abandoned by birds after the construction of the Zhanatas wind power plant; NP M – EV breeding territories threatened by mining, affected by geological exploration; NP M+WF – EV breeding territories threatened by mining operations and birds from which may die in wind power plants during summer movements and migration; WF – wind power plant; TT – technological route under construction along wind power plant turbines; M – quarries, dumps, mining enterprises; S – settlements; W – reservoirs; R – rivers, 1 – Koktal Windfarm, 2 – Zhanatas Windfarm.

тельства и брошен птицами, ещё минимум для 8 пар и их потомства создаётся угроза гибели во время миграции.

ВЭС и карьеры по добыче полезных ископаемых в ключевой гнездовой группировке стервятника представлены на рисунке 26.

Обсуждение

Моделирование

Данное исследование представляет собой первую попытку моделирования распространения стервятника в Каратау и оценки его численности на основании построенной модели по результатам целевых учётов.

Наши результаты показали, что пригодность среды обитания стервятника определяет несколько факторов, из которых наибольшее влияние оказывают 4 кли-

матических факторов: температура, влажность, скорость ветра и количество осадков. Строительство временных дорог и разрушение скал, которое привело к перемещению половины пар, чьи старые гнезда упали в рабочую зону.

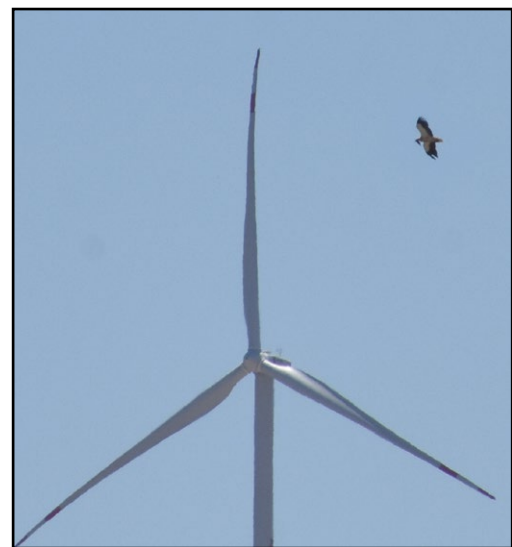
Два ветряных электростанции (ВЭС) уже построены в местах обитания стервятника в Каратау, включая Зханатас ВЭС, которая находится между тремя большими группами размножения стервятника. Одна из территорий размножения стервятника была повреждена во время строительства и оставлена птицами, по крайней мере восемь пар и их потомство находятся под угрозой смерти во время миграции. ВЭС и горнодобывающие предприятия в одной из крупнейших группировок стервятника показаны на рисунке 26.

Discussion

Modeling

This study is the first attempt to model EV distribution in Karatau and estimate its abundance based on a model of the results of targeted surveys.

Our surveys showed that suitability of EV habitat is determined by several factors, of which four climatic variables (average temperature of the wettest – quarter bio08, average daily temperature range – $t_{\max} - t_{\min}$ bio02), seasonal temperature – bio04, average annual temperature range – maximum temperature of the hottest month minus the minimum temperature of the coldest month – bio07 and three geomorphological variables (an indicator that fixes the variability of slope and aspect in one dimension, vector ruggedness measure – vrm, terrain slope – slope, and elevation above sea level – elevation) have the greatest influence. Similar variables (elevation gave about 54% of the total model performance, slope and bio7 together gave 34% of the total



Стервятник с добычей летит к гнезду через Жанатасскую ВЭС. Фото Г. Пуликовой.

Egyptian Vulture with prey flies to the nest through the Zhanatas windfarm. Photo by G. Pulikova.

математические переменные (средняя температура самого влажного квартала – bio08, средняя суточная амплитуда температур $t_{max} - t_{min}$ – bio02, сезонная температура – bio04, среднегодовая амплитуда температур – максимальная температура самого жаркого месяца минус минимальная температура самого холодного месяца – bio07) и 3 геоморфологические (показатель, фиксирующий изменчивость наклона и аспекта в одном измерении, так называемая векторная мера неровности – vgm, уклон местности – slope и высота над уровнем моря – elevation). Аналогичные переменные (elevation – около 54% общей производительности модели, slope и bio7 вместе дали 34% общей производительности модели) были определяющими при моделировании в MaxEnt распространения стервятника на гнездовании в Иракском Курдистане (Khwarahm *et al.*, 2021). Высота над уровнем моря и экспозиция (aspect) были определяющими по GLM в выборе мест гнездования стервятником в Турции, а Random Forest добавлял в ансамбль важных переменных дистанции между ближайшими соседями, до населённых пунктов и дорог (Şen, 2012). Стандартное отклонение высоты над уровнем моря и весенне-летние показатели NDVI были также определяющими летнее распространение стервятника в Иране по данным моделирования в MaxEnt в одной статье (Farashi, Alizadeh-Noughani, 2019) и плотность поголовья скота (31,82%), наличие диких копытных (15,36%), удалённость от свалок (14,77%), растительность (12,46%) и высота над уровнем моря (11,85%) – в другой (Ashrafzadeh *et al.*, 2020).

Лучшая модель глобального распространения стервятника в MaxEnt включала биоклиматические, топографические, растительные и антропогенные параметры, а наиболее важными переменными, внёшими основной вклад в модель, оказались плотность поголовья скота, сезонность температуры, осадки самого холодного квартала и уклон (Panthi *et al.*, 2021). Наше моделирование гнездопригодных биотопов стервятника в Каратау в общих чертах совпало с результатами моделирования распространения вида в глобальном масштабе (рис. 27), но с лучшей точностью выделения гнездопригодных биотопов. Мы добились корректного выделения в качестве гнездопригодных биотопов как участков чинков малой площади, так и скальных обнажений хребтов, причём в зоне высотной поясности, выше которой стервятник не гнездится. Именно с ограничением по

model performance) were determinant when modeling the distribution of breeding EV in MaxEnt in Iraqi Kurdistan (Khwarahm *et al.*, 2021). Altitude and aspect were GLM-determining variables in the selection of Turkish EV breeding territories, and Random Forest added distances between nearest neighbors, settlements, and roads to an ensemble of important variables (Şen, 2012). Altitude standard deviation and spring-summer NDVI indicators were also determinants of EV summer distribution in Iran according to MaxEnt modeling data in one article (Farashi, Alizadeh-Noughani, 2019) and livestock density (31.82%), presence of wild ungulates (15.36%), remoteness from landfills (14.77%), vegetation (12.46%), and altitude (11.85%) – in another (Ashrafzadeh *et al.*, 2020).

MaxEnt's best global EV distribution model included bioclimatic, topographic, vegetation, and anthropogenic parameters. The most important variables that primarily contributed to the model were stock density, temperature seasonality, coldest quarter precipitation, and slope (Panthi *et al.*, 2021). Our EV breeding biotopes models for Karatau generally coincided with models of species distribution on a global scale (Fig. 27), but with better accuracy in identifying breeding biotopes. We achieved the correct selection of both patches of small areas and rocky outcrops of ridges as breeding biotopes, even at altitudes above which EV does not nest. Errors in models based on presence and background points (but not in models based on real presence and absence points) were caused by limitations in elevation range. In this case, in dry mountains, the upper limit



Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

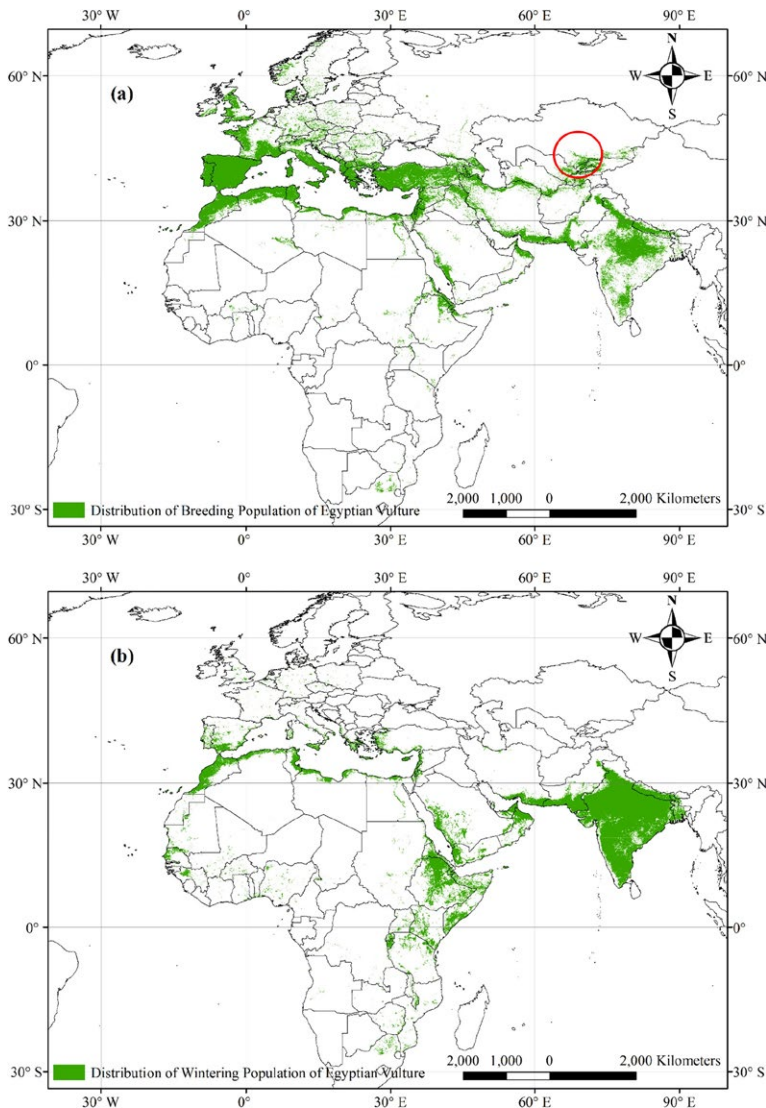


Рис. 27. Предсказание подходящего глобального гнездового ареала стервятника на основе моделирования в MaxEnt с 2085 точками присутствия, собранными в течение сезона размножения, и 16 переменными окружающей среды (а) и предсказание подходящего глобального зимовочного ареала стервятника на основе моделирования в MaxEnt с 937 точками присутствия и 16 переменными окружающей среды (б) из: Panthi et al., 2021.

Fig. 27. Predicted suitable global breeding habitat range for Egyptian Vulture based on MaxEnt modelling of 2085 occurrence data points collected during the breeding season and 16 environmental variables (a) and predicted suitable global wintering habitat range for the Egyptian vulture based on MaxEnt modelling of 937 occurrence data points and 16 environmental variables (b) from: Panthi et al., 2021.

of EV distribution turns out to be “elevated” above the species’ ecological maximum, as, for example, is observed in Iraq (Khwarahm et al., 2021), an issue we managed to avoid in our model.

All the EV breeding biotopes we identified lay at an altitude below 1675 m above sea level and corresponded to the average range of nest location (679.89 ± 218.11). Interestingly, in the Himalayan foothills in central-west Nepal (Gurung et al., in press) EVs reproduce in the same altitude range (523–1644 m above sea level). Apparently, this altitudinal range is typical for the species, and output of modeling results beyond these limits for eastern populations should be considered erroneous.

Validation of our model against external datasets ($R^2=0.74$, $AUC=0.986$ for birds.kz and $R^2=0.79$, $AUC=0.997$ for birds.kz + GBIF) was even better than expected. Major validation errors in birdwatchers datasets were associated with false negative presence, and it is likely that inaccurate birdwatcher EV sighting locations contributes to this and is not a model flaw. Analysis of birdwatcher data on known breeding territories shows a spread in their locations relative to real EV nests from 1 to 12 km, so even elongating validation points to nest-suitable substrates visible on satellite images does not always help to level errors. On the other hand, there are no EV presence points in our training sample in Beltau, Kazgurt, and in Aksu-Zhabagly, it is therefore reasonable to assume a significantly larger number of false-negative presence values in the resulting raster for this territory than for the main massif of the Karatau mountains in which we laid out our main survey plots to identify EV nests. At the same time, our best model (M3) processes areas of chinks well, even with a total area of breeding biotopes less than 0.1 km² and a chink zone width of

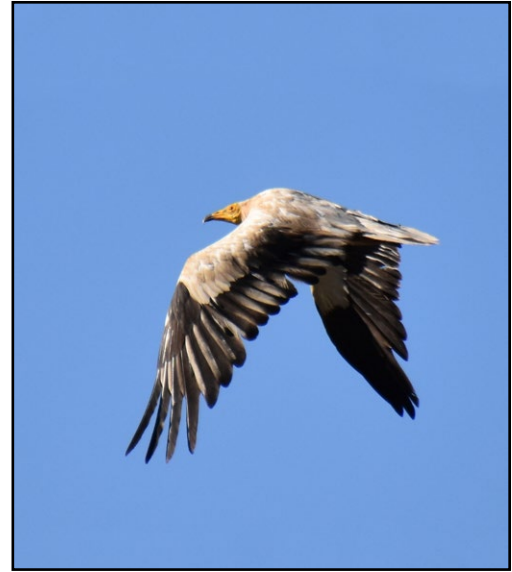
высотному диапазону связаны ошибки в моделях, основанных не на реальных точках присутствия и отсутствия вида, а на точках присутствия и фоновых. В этом случае в сухих горах верхний предел распространения стервятника оказывается «здранным» до экологического максимума вида или даже выше, как, например, это наблюдается для Ирака (Khwarahm et al., 2021), чего в нашей модели нам удалось избежать. Все выделенные нами гнездопригодные для стервятника биотопы лежали на высоте ниже 1675 м над уровнем моря и соответствовали среднему диапазону расположения гнёзд ($679,89 \pm 218,11$). Интересно, что в таком же высотном диапазоне (523–1644 м над уровнем моря) гнездятся стервятники в предгорьях Гималаев в центре Западного Непала (Gurung et al., in press). Видимо, этот высотный диапазон является типичным для вида и выход результатов моделирования за его пределы для восточных популяций должен считаться ошибочным.

Валидация нашей модели по внешним наборам данных ($R^2=0,74$, $AUC=0,986$ для birds.kz и $R^2=0,79$, $AUC=0,997$ для birds.kz + GBIF) оказалась даже лучше ожиданий. Основные ошибки валидации по наборам данных любителей птиц связаны с ложноотрицательным присутствием и здесь, скорее всего, важный вклад вносит не недостаток модели, а неточность локаций встреч стервятников, наблюдавшихся любителями птиц. Анализ данных любителей птиц по известным нам гнездовым участкам показывает разброс их локаций относительно реальных гнёзд стервятника от 1 до 12 км, поэтому даже притяжка валидационных точек к гнездопригодным субстратам, видимым на космоснимках, не всегда помогает нивелировать ошибки. С другой стороны, в нашей обучающей выборке отсутствуют точки присутствия стервятника в Бельтау, на Казгурте и в Аксу-Джабаглы, поэтому логично предположить значительно большее число ложноотрицательных значений присутствия в результирующем растре для этой территории, нежели для основного массива гор Каратау, в которых и были заложены основные учётные площадки для выявления гнёзд стервятника. В то же время лучшая наша модель (M3) хорошо отрабатывает участки чинков, даже при общей площади гнездопригодных биотопов менее 0,1 км², при ширине чинковой зоны менее 100 м (см. вкладку на рис. 15), поэтому нельзя говорить о сильном искажении модели в сторону ложноотрицательных значений присутствия для местообитаний стервятника южнее Каратау.

Для целей моделирования мы не стали включать переменные, связанные с дистанциями до населённых пунктов, ферм и дорог, а также такой параметр как плотность скота, которые использовались многими авторами в моделировании распространения вида в других странах (см. выше), несмотря на то, что t-тест показал важность ряда параметров. Связано это с несколькими причинами, и первая из них – чтобы не вносить в ландшафтную модель искажения, связанные с индивидуальными особенностями птиц, их степенью толерантности к присутствию человека и трофическими предпочтениями. Далее при корректировке оценок численности эти параметры частично были учтены (см. ниже).

Оценка численности

Несмотря на достаточно стабильные показатели обнаружения стервятников на учётных маршрутах, этот вид остаётся



Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

less than 100 m (see addition on Fig. 15), so we cannot speak of strong model distortion towards false-negative presence values for the EV habitat south of Karatau.

For modeling purposes, we did not include variables related to distances to settlements, farms, and roads, or a parameter such livestock density, used by many authors in modeling species distribution in other countries (see above), even though t-test showed the importance of a number of parameters. There are several reasons for this, and the first is to avoid introducing distortions into the landscape model related to individual bird characteristics of birds, the degree to which they tolerate human presence and trophic preferences. Further, these parameters were partially taken into account (see below) while adjusting abundance estimates.

Estimating abundance

Despite fairly stable EV detection rates on survey routes, the species remains difficult to detect, especially in July, when nestlings are one month old. At that time adult birds leave nests for long periods, often flying off in search of food and water in pairs. So when suitable niches with droppings are found, one must spend quite a long time observing them through optics if there are no adult birds nearby at the time. All this is superimposed on birds leaving their breeding areas by July if clutches or broods died early. In those cases, it is only possible to identify an occupied nest after climbing to it, a rather laborious process on rocks more than 50 m high.

сложным для выявления, особенно в июле, после достижения птенцами месячного возраста. В этот период взрослые птицы надолго оставляют гнёзда, причём часто отлетая на поиски корма и водопоя парами. Поэтому при обнаружении пригодных для стервятника ниш со следами помёта приходится тратить достаточно продолжительное время на наблюдение за ними в оптику, если в текущий момент времени взрослых птиц нет на участке. Всё это накладывается на оставление птицами своих гнездовых участков к июлю, если кладки или выводки погибли достаточно рано. Идентифицировать занятое гнездо в этом случае возможно только после подъёма на него, что достаточно трудоёмкий процесс на скалах высотой более 50 м.

В глубоких нишах и на скалах выше 80 м сложности с выявлением гнёзд возникают в любой период, даже когда взрослая птица постоянно сидит на кладке. На высоких скалах при невозможности наблюдать за нишами с их уровня весьма вероятен пропуск птиц, сидящих в глубине ниш. Те же проблемы возникают и при ярком солнечном свете, когда контраст делает невозможным идентификацию содержимого глубоких ниш даже при наблюдении с их уровня. Учитывая сложности с выявлением стервятников на гнездовании, для улучшения результативности целевых работ по этому виду необходимо прикладывать максимальные усилия по обследованию гнездопригодных для него местообитаний с середины апреля до конца мая. Стервятники в этот период наиболее заметны и наиболее активны около гнёзд. Но даже в этот период остаётся высокая вероятность пропуска гнёзд, особенно на территориях с низкой плотностью гнездования птиц.

В нашей сети учётных площадок стервятник не обнаружен на гнездовании на нескольких площадках в 2010 г. и в 2022 г. Причём если в 2010 г. часть территорий была обследована рано, ещё до прилёта птиц на некоторые участки, то в 2022 г. мы начали работать уже в период активного насживания стервятниками кладок. Можно предположить, что стервятник реально отсутствует на этих площадках, но для большинства из них очевидны пропуски гнездящихся птиц, связанные как с погодой, не способствовавшей наблюдению за гнёздами, так и со сложностью рельефа. На площадках №№ 3, 4, 5 2010 г. мы не смогли найти гнёзда стервятника, хотя птиц регулярно встречали на равнине, куда они вылетали охотиться из гор.

Difficulties in identifying nests arise all the time in deep niches and on rocks higher than 80 m, even when an adult bird sits constantly on the clutch. If it is impossible to observe niches on high rocks at similar level, it is very likely that birds sitting deep in niches will be missed. The same problems arise in bright sunlight, when contrast makes it impossible to look into niches even at similar levels. Considering the challenges in identifying nesting EVs, it is necessary to make every effort to survey breeding habitats from mid-April to the end of May in order to improve the effectiveness of work targeting the species. EVs are the most visible and most active near nests during this period. But even then, the probability of missing nests is high, especially in areas with low nesting densities.

EV were not found nesting in several breeding territories in our network of survey plots in 2010 and 2022. Moreover, while in 2010 some territories were surveyed early, even before birds arrived in some areas, in 2022 we began surveying during the active incubation period. We can assume that EV is actually absent from these plots, but for most of them nesting bird omissions are obvious because of both weather not being conducive to nest observation and the relief complexity. In 2010 we could not find EV nests on plots No. 3, 4, or 5 even when birds were regularly observed on the plain, where they flew from the mountains to hunt.

Analysis of breeding biotopes did not reveal any difference between ones on plots No. 3, 4, 5 in 2010 and adjacent plots where EV was found nesting. Therefore, we tend to believe that EV still nests here, albeit with a low density.

When adjusting EV abundance estimate, we used buffer zones built around settlements and farms. Breeding biotopes lying in a buffer zone within a radius of 3 km around settlements were considered suboptimal. A complete points filtering was carried out for them in the system of points simulating the distribution of potential EV breeding territories. For farms, on the contrary, biotopes were considered optimal when lying within the 5-km zone, and points outside these zones were filtered out. Filtering was carried out only for 50% of points in a random sample. Despite the fact that all found EV nests fit within 5 km zones around farms, we considered the presence of 50% chance of EV nesting outside these zones, so we did not discard all the points in order to avoid underestimating abundance. This decision was made based on the fact that most survey routes pass along roads that lie between farms. This may mean

Анализ гнездопригодных биотопов не выявил никакой разницы между ними на площадках №№ 3, 4, 5 2010 г. и на сопредельных площадках, где стервятник был обнаружен на гнездовании. Поэтому мы склонны считать, что здесь стервятник всё же гнездится, пусть и с невысокой плотностью.

Корректируя оценку численности стервятника, мы использовали буферные зоны, построенные вокруг населённых пунктов и ферм. Гнездопригодные для вида биотопы, лежащие в буферной зоне радиусом 3 км вокруг населённых пунктов, считались субоптимальными, и для них в системе точек, имитирующих распределение потенциальных гнездовых участков стервятника, осуществлялась полная фильтрация точек. Для ферм, наоборот, считались оптимальными биотопы, лежащие внутри 5-километровой зоны, и отфильтровывались точки, выпавшие за пределы этих зон. Но фильтрация осуществлялась лишь для 50% точек по случайной выборке. Несмотря на то, что все наши находки гнёзд стервятника укладываются в 5-километровую зону вокруг ферм, мы посчитали, что имеется 50% вероятность гнездования стервятника за пределами этих зон, поэтому не стали избавляться от всех точек, чтобы не занижать оценку численности. Это решение было принято на основании того, что большая часть маршрутов проходила по дорогам, которые лежат между фермами. Значит, гнездопригодные биотопы, удалённые от этих дорог, а значит и от ферм, практически выпали из исследования. Как следствие, выпали из исследования и возможные гнездовые участки стервятника, удалённые от ферм более чем на 5 км.

Учитывая ряд неопределённостей как в моделировании, так и в оценке численности стервятника, мы всё же считаем, что добились успехов в сокращении погрешностей обоих методов, и наша оценка численности стервятника на гнездовании в Каратау является близкой к реальной.

Встречаемость стервятника в Каратау

Опираясь на литературные данные, можно говорить о том, что в большинстве случаев исследователи видели всего одного или двух стервятников одновременно. Лишь в нескольких случаях отмечались 3 или 4 птицы. Ни одного факта регистраций скоплений птиц в регионе не выявлено. Нам тоже не встречались скопления стервятников. Из чего мы делаем вывод, что на рассматриваемой территории стер-



*Стервятник. Фото И. Карякина.
Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.*

that remote breeding biotopes, situated away from roads and farms, essentially dropped from the study. As a result, possible EV breeding territories located more than 5 km away from farms, dropped out of study as well.

Given the number of uncertainties, both in modeling and in estimating EV abundance, we still believe that we have made progress in reducing errors for both methods and that our estimate of EV nesting abundance in Karatau is close to accurate

Egyptian Vulture occurrence in Karatau

Based on literature data, we can say that in most cases, researchers only saw one or two EVs at a time. Three or four birds were noted only in a few cases. No registrations of EV concentration were revealed in the region. We did not encounter EV clusters either. From this we conclude that EV does not form clusters in the study area, and when connection with breeding territory is weakened (unsuccessful breeding or habitat disturbance), EV leaves the region.

Population changes

Studies in 2022 showed low reproductive success for EV in Karatau, with only 25.32% of successful nests by the end of the breeding season, and a productivity of 1.27 nestlings per active nest. The decrease in breeding success can be attributed to two factors: deterioration of habitat quality and food supply.

On one hand, we see an increase in bare ground on EV breeding territories, which reduces habitat quality. On the other hand, we

вятник скоплений не формирует, и при ослаблении связи с гнездовой территорией (неудачное размножение или нарушение среды обитания) покидает регион.

Популяционные изменения

Исследования 2022 г. показали низкую успешность размножения стервятника в Каратау – всего 25,32% успешных гнёзд к концу сезона размножения при продуктивности 1,27 птенцов на успешное гнездо. Снижение успеха размножения можно связать с двумя факторами – ухудшение качества местообитаний и кормовой базы.

На гнездовых участках стервятников с одной стороны мы видим рост площадей голой земли, что снижает качество местообитаний. С другой стороны мы наблюдаем увеличение численности скота, трупы которого являются дополнительным кормом для этого падальщика, – это улучшает качество местообитаний, несмотря на глобальную депрессию численности грызунов на рассматриваемой территории. Рост численности скота и, как следствие, увеличение уровня его падежа, является одним из факторов стабильности популяции стервятника. Увеличение числа трупов скота компенсирует стервятникам потери от отсутствия массового доступного корма в виде затоптанных скотом грызунов. Негативным моментом является то, что трупы скота появляются нерегулярно, в отличие от грызунов, которые при нормальной их численности затаптывались скотом регулярно и обеспечивали стервятникам стабильный пищевой ресурс. Вероятно, этот фактор сейчас является одной из причин снижения успеха размножения стервятников, однако структура популяционной группировки сохраняется, несмотря на смещение в пространстве отдельных гнездовых территорий.

Мы видим, что стервятники устраивают гнёзда ближе к фермам и удаляются от гнёзд беркута, который на них оказывает хищнический пресс. С одной стороны, смещение гнёзд к фермам несёт определённые бонусы – возможность быстрее конкурентов (ворон *Corvus corax*, крупные падальщики) добывать падаль и уходить от прессы орлов, которые стараются избегать близости человеческого жилья. Фермы в данном случае выступают не только в роли источников корма, но и в роли «зонтиков», защищающих стервятников от избыточного прессы со стороны орлов. С другой стороны, близость гнёзд стервятника к фермам усиливает стресс-фактор, что, скорее

are seeing an increase in the number of livestock, the corpses of which provide additional food for vultures, improving habitat quality despite global depression of rodent populations in the study area. An increase in the number of cattle and, as a result, an increase in its mortality, is one factor for EV population stability. The increase in the number of cattle carcasses compensates for the losses from the lack of mass available food in the form of rodents trampled by cattle. The negative is that cattle carcasses appear irregularly, in contrast to rodents, which, at their normal population levels, were trampled by cattle regularly and provided EV with a stable food resource. This factor is possibly one of the reasons for the current decline in EV breeding success, however, the population structure of the group remains despite the relocation of individual breeding territories.

We see that EVs build nests closer to farms and move away from the nests of Golden Eagles, which exert predatory pressure. On one hand, relocation of nests to farms provides certain advantages – the ability to get carrion faster than competitors (Common Raven *Corvus corax*, large vultures) and avoid the pressure of eagles that try to avoid the proximity of human habitation. In this case, farms act not only as food sources, but also as “umbrellas” that protect EV from excessive pressure by eagles. On the other hand, proximity of EV nests to farms increases the stress factor, which most likely leads to increases in nest abandonment during egg laying or in the initial stages of rearing broods following close run is with livestock near nests, which, in turn, can lead



Стервятник. Фото Г. Пуликовой.
Egyptian Vulture. Photo by G. Pulikova.

всего, приводит к увеличению частоты случаев оставления птицами гнёзд в период кладки или на начальных стадиях выкармливания выводков во время близких прогнозов скота мимо гнёзд, что, в свою очередь, может приводить к гибели потомства. При страгивании птиц с гнёзд людьми возможно уничтожение кладок и выводков стервятников врановыми, как правило, постоянно присутствующими возле ферм.

Уход стервятника из высоких гор мы объясняем тем, что беркуты, лишившиеся массового корма в виде сусликов и песчанок, стали оказывать более серьёзный хищнический пресс на стервятников. Однако пока это лишь гипотеза, основанная на косвенных данных. Возможно, в сокращении численности стервятника в осевой части Каратау определённую роль сыграло и сокращение численности белоголовых сипов, в колониях которых стервятник был постоянным спутником и, вероятно, получал от этого какие-то бонусы, может быть, связанные с питанием. Весьма вероятно и банальная элиминация стервятников вместе с сипами в осевой части Каратау по причине отравления, так как опросные данные подтверждают масштабное использование ядов фермерами, которые борются с волками в горах, в то время как по периферии гор «волчья проблема» для фермеров не стоит так остро и, как следствие, яды используются меньше.

В.Г. Колбинцев (2004) отмечает, что в 80-х гг. XX столетия лишь некоторые гнёзда стервятников занимались не ежегодно, а в самые последние годы (видимо, имеется ввиду уже начало XXI столетия), гнездовая численность этих птиц во всём регионе значительно сократилась и, ориентировочно, не превышала одного десятка размножающихся пар. Возможно, именно отсюда и появилась нереально низкая оценка численности стервятника во всём Каратау в 12–15 пар (Скляренко, Кашнер, 2012). По мнению В.Г. Колбинцева (2004), сокращение численности стервятника в начале XXI столетия – это очевидный результат снижения интенсивности животноводства, вызванного экономическим упадком в процессе экономической перестройки. Но автор также отмечает, что оно коснулось не всех мест гнездования стервятника, например, одно из известных ему гнёзд в небольшом каньоне Карасай (к северу от перевала Куюк), ни разу не пустовало в течение 21 года, начиная с 1983 г.: в среднем каждый второй год в этом гнезде стервятникам удавалось успешно выкармливать по два птенца (Колбинцев, 2004).

to offspring death. When birds are scared off from nests by people, the corvids that are a constant presence near farms may destroy EV clutches and broods.

We explain the departure of EVs from the high mountains by the fact that the Golden Eagle, having lost large-scale food sources in the form of ground squirrels and gerbils, increased predatory pressure on EV. However, so far this is only a hypothesis based on indirect data. It is possible that reductions in Eurasian Griffon abundance played a role in reduction in EV abundance in the axial part of Karatau. EV was a constant companion in its colonies and, probably, received some bonuses from this, possibly related to nutrition. The simple elimination of EV and Eurasian Griffon due to poisoning is also very likely in the axial part of Karatau, where survey data confirms the large-scale use of poisons by farmers fighting Wolves in the mountains. On the periphery of mountains the “wolf problem” for farmers is less severe, and as a result, poisons are used less.

V.G. Kolbintsev (2004) notes that in the 1980s, only a few EV nests weren't occupied annually, but most recently (early 21st century), the number of these nesting birds in the entire region has significantly decreased and probably do not exceed a dozen breeding pairs. Perhaps this is the source of the unrealistically low estimate of EV abundance across all of Karatau at 12–15 pairs (Sklyarenko, Katzner, 2012). According to V.G. Kolbintsev (2004), the decline in EV population in the early 21st century is an obvious result of falling livestock numbers caused by economic decline during the economic restructuring. But the author



Птенец стервятника. Фото И. Карякина.

Nestling of the Egyptian Vulture. Photo by I. Karyakin.

Это косвенно может указывать на то, что в связи с сокращением выпаса стало происходить перераспределение стервятников на гнездовании в Каратау, которое и было интерпретировано В.Г. Колбинцевым, посещавшим регулярно лишь известные ему гнездовые участки, как сокращение численности. По крайней мере, мы увидели аналогичное перераспределение гнездящихся пар в 2010–2022 гг., причиной которого стала глобальная депрессия численности грызунов. Первое впечатление также было не оптимистичным и казалось, что происходит сокращение численности гнездящихся птиц. Но наращивание усилий по обследованию «субоптимальных» для стервятника биотопов показало, что этот вид здесь теперь нормально гнездится и чувствует себя значительно лучше, чем в высоких горах (судя по успеху размножения и занятости гнёзд). Похоже, что, лишившись в горах массового корма в виде затаптываемых скотом грызунов, стервятники усилили активность по поиску пропитания вдоль дорог либо вообще переориентировались на раздавленных на дорогах животных (см. Губин, 2018а), чем стали чаще привлекать внимание орнитологов и любителей птиц. Есть вероятность, что в 80–90-х гг. происходил как раз обратный процесс, и стервятник, наоборот, дистанцировался от ферм в предгорьях и низкогорьях, уходя дальше вглубь высоких гор, где кормовая база была лучше, чем в предгорьях и низкогорьях. Поэтому он реже попадался на глаза орнитологам, и создавалась иллюзия падения его численности. Сейчас же происходит всё ровно наоборот – стервятник тяготеет к дорогам и местам человеческого присутствия, где стал чаще регистрироваться как профессиональными орнитологами, так и любителями птиц.

Рост числа регистраций стервятников, особенно любителями птиц, который мы наблюдаем в последнее время, нельзя объяснить только с точки зрения перераспределения стервятника и увеличившейся его заметности вдоль трасс и у посёлков. Это также связано с ростом числа любителей птиц и усилением их активности, раскруткой специализированных сайтов, стимулирующих выкладывание на них наблюдений. Тем не менее, очевидно, что имеется целый комплекс факторов, почему всё больше наблюдений стервятников попадает в информационное пространство. И, видимо, смена стереотипов кормового поведения и приобретение птицами большей толерантности к фактору беспокойства со стороны

also notes that it did not affect all EV breeding territories, for example, one of the nests known to him in the small Karasai canyon (north of Kuyuk pass) has never in 21 years been empty since 1983. On average, EV managed every second year to successfully feed two nestlings here (Kolbintsev, 2004). This may indirectly suggest that due to the reduction in grazing, a redistribution of EV on nesting in Karatau began to occur, which was interpreted by V.G. Kolbintsev, who only regularly visited the breeding territories known to him, as a reduction in numbers. We saw a similar redistribution of breeding pairs in 2010–2022, driven by the global rodent depression. The first impression was not optimistic as well, and it seemed that there was a decrease in the number of nesting birds. But increased efforts to survey “suboptimal” biotopes for EV showed that the species now nests normally here and feels much better than in the high mountains (judging by the success of breeding and nest occupancy). It seems that, having lost a significant food source in the form of rodents trampled by livestock in the mountains, EV increased their activity in search of food along roads, or even redirected to animals crushed on roads (see Gubin, 2018a), and began to attract the attention of ornithologists and birdwatchers more often. There is a possibility that the opposite process took place in the 1980s–1990s, and EV, on the contrary, distanced itself from farms in the foothills and low mountains, moving further deep into the high mountains, where the food base was better. As a result, it rarely caught the eye of ornithologists, and the illusion of a decline in its numbers was created. Now everything is exactly the opposite, EV gravitates towards roads and places of human presence, where it is more often registered by both professional ornithologists and birdwatchers.

A recent increase in EV registrations, especially by birdwatchers, cannot only be explained in terms of species redistribution and its increased visibility along roads and near villages. This is also due to growth in the number of birdwatchers, their increased activity, and promotion of special websites that encourage posting observations online. That said, there is a whole range of factors why more and more EV observations are published. And, apparently, the change in feeding behavior stereotypes and greater tolerance to human disturbance contribute significantly to greater numbers of EV registrations in populated areas over the past 20 years relative to the previous 20-year period.

Despite growth in the number of its registrations, EV abundance in Karatau and adjacent

человека вносят значительный вклад в рост числа регистраций стервятника в населённой местности за последние 20 лет относительно предыдущего 20-летнего периода.

Численность стервятника в Каратау и на прилегающих территориях, несмотря на рост числа его регистраций, остаётся прежней. И, похоже, она остаётся прежней уже длительное время. Наша предыдущая экспертная оценка численности этого вида на рассматриваемой территории в 120–150 пар по результатам исследований до 2022 г. (Karyakin *et al.*, 2022) была явно заниженной, как, собственно, и все предыдущие оценки численности разных авторов, в основе которых вообще не лежали целевые учёты стервятника и моделирование пригодных для этого вида местообитаний.

Гнездовая биология

Дистанции между ближайшими гнездящимися парами стервятников в Каратау составили в среднем $8,15 \pm 3,91$ км. Это соответствует параметрам для стабильных гнездовых группировок вида в Непале ($8,8 \pm 6,1$ км, Gurung *et al.*, in press), но ниже показателей плотных островных гнездовых группировок в Омане (от 0,12 до 6,67 км, в среднем 1,02 км, Angelov *et al.*, 2013).

В литературе приводятся данные о расположении трёх гнёзд в Каратау и на прилегающих территориях: в верхней четверти конгломератного обрыва (Чаликова, 2004; 2008), на высоте 1/3 8-метровой скалы (Губин, 2018b) и в середине отвесной 8-метровой скалы (Губин, 2020). Большая часть гнёзд (75%) располагалась на скалах и 25% – на чинках ($n=8$), при этом 96,15% гнёзд стервятника размещалось в нишах ($n=26$) (Ивашенко, 1991; Чаликова, 2004; 2008; Колбинцев, 2004a; 2004b; Губин, Белялов, 2017; Губин, 2018b; 2020; Корелов, 2012; Амурекул и др., 2022). В Непале, например, также отмечено тяготение к нишам (76% гнёзд, в отличие от 24% на открытых уступах) (Gurung *et al.*, in press), что очень близко к нашим данным (88,64% гнёзд в нишах и 11,36% – на полках).

Материалом для гнёзд стервятника служат сухие палки, перья, тряпки, обрывки бараньих шкур (Корелов, 1962; 2012). Б.М. Губин (2020) указывает, что птицы во время строительства гнезда приносят веточки и клочки шерсти, а Р.Г. Пфеллер (1990) отмечает обрывки шкур, кости, тряпки, верёвки, веточки боялыча, терескена, а также сухую траву. На фотографиях с сайта birds.kz видно, что основным материалом гнезда являются ветки и шерсть.



Птенцы стервятника в гнезде. Фото И. Карякина.

Nestlings of the Egyptian Vulture in the nest.
Photo by I. Karyakin.

territories remains the same. And it seems it will remain the same for a long time. Our previous expert assessment of EV abundance at 120–150 pairs in the study area based on pre-2022 studies (Karyakin *et al.*, 2022) was an underestimate, as were all previous assessments done by different authors since these studies were not targeted EV censuses or modeling EV breeding biotopes.

Breeding biology

Average distances between the nearest breeding pairs of EVs in Karatau were 8.15 ± 3.91 km. This is in line with the parameters for EV breeding groups in Nepal (8.8 ± 6.1 km, Gurung *et al.*, in press), but lower than for dense island breeding groups of EVs in Oman (from 0.12 to 6.67 km, in 1.02 km on average, Angelov *et al.*, 2013).

Literature provides the locations of three nests in Karatau and adjacent territories: in the upper quarter of a conglomerate cliff (Chalikova, 2004; 2008), at a height of 1/3 of an 8-meter cliff (Gubin, 2018b), and in the middle of a sheer 8-meter cliff (Gubin, 2020). Most nests (75%) were located on rocks and 25% – on chinks ($n=8$), while 96.15% of EV's nests were located in niches ($n=26$) (Ivashchenko, 1991; Chalikova, 2004; 2008; Kolbintsev, 2004a; 2004b; Gubin, Belyalov, 2017; Gubin, 2018b; 2020; Korelov, 2012; Amirekul *et al.*, 2022). In Nepal, for example, niche preference (76% of nests, as opposed to 24% on open ledges) was also noted (Gurung *et al.*, in press), which is very close to our data (88.64% of nests in niches and 11.36% – on open ledges).

Наши данные по особенностям устройства стервятниками гнёзд в целом схожи с литературными данными, с одной лишь разницей – в литературе по Казахстану отсутствует информация об устройстве гнёзд стервятниками на высоких скалах. Это является свидетельством того, что гнёзда этого вида, устроенные выше диапазона в 10 м, остаются за пределами «зоны наблюдения» как любителями птиц, так и орнитологами, не ставящими перед собой задачу найти гнездо стервятника. В реальности же обычная высота гнездования стервятника в Каратау – $15,34 \pm 26,72$ м (рис. 6). Из-за нехватки данных по гнёздам стервятника в прошлом мы не знаем тенденций в устройстве гнёзд и выборе субстратов этим видом в прошлом и можем

Dry sticks, feathers, rags, and scraps of sheep skins serve as material for EV nests (Korelov, 1962; 2012). В.М. Gubin (2020) indicates that birds bring twigs and tufts of wool during nest construction, and R.G. Pfeffer (1990) notes scraps of skins, bones, rags, ropes, twigs of boyalych (*Xylosalsola* sp.), teresken (*Krascheninnikovia* sp.), as well as dry grass. The photographs from the birds.kz website show that branches and wool are the main material of the nest.

Our data on the peculiarities of EV nest construction is generally similar to literature data, the only difference being that there is no information on nest construction on high rocks in the literature. This is the evidence that nests of these species above a range of 10 m remain out of the “observation zone” for both

Гнёзда стервятника на обследованной территории.
Фото И. Карякина, Г. Пуликовой, О. Ширяева.

Nests of Egyptian Vulture in the surveyed area.
Photos by I. Karyakin, G. Pulikova, O. Shiriaev.



ориентироваться только на разницу между 2010 и 2022 гг., которая приводится в главе «Полевые исследования». Можно сказать лишь то, что в горах и предгорьях Каратау стервятник продолжает тяготеть на гнездовании к нишам, выбирая отвесные, но часто невысокие скалы, и продолжает использовать в качестве строительных материалов сухие ветки и всевозможную ветошь (шерсть, шкуры, тряпки и т.п.).

В литературе и на сайте *birds.kz* мы обнаружили 10 упоминаний о количестве яиц в кладках стервятника. В одном гнезде в 2017 и 2018 гг. было по 1 яйцу (Губин, Белялов, 2017; Губин, 2018b; 2020). Только Р.Г. Пфеффер (1990) для Юго-восточного Казахстана упоминает об одной кладке из 3 яиц, в остальных случаях описываются кладки из 1–2 яиц. В среднем по 10 наблюдениям кладка состояла из $1,9 \pm 0,57$ яиц (от 1 до 3).

В литературе и на сайте *birds.kz* мы выявили 11 упоминаний о количестве птенцов в гнёздах стервятника. В трёх случаях описывается по 2 птенца в гнезде (Ивашенко, 1991; Губин, 2020). В остальных случаях описывается по одному птенцу в гнезде. Число птенцов на гнездо ($n=11$) составило в среднем $1,27 \pm 0,47$ (от 1 до 2). Если в эту же выборку добавить данные В.Г. Колбинцева (2004b) о гнезде стервятника в небольшом каньоне Карасай (к северу от перевала Куюк), которое ни разу не пустовало в течение 21 года начиная с 1983 г., и в среднем каждый второй год в этом гнезде стервятникам удавалось успешно выкармливать по два птенца, то получится в среднем ($n=30$) $1,42 \pm 0,5$ птенцов (от 1 до 2) на гнездо.

Наши данные о размерах кладок стервятника более корректно отражают этот показатель, чем литературные данные, так как мы наблюдали большее количество гнёзд несколько раз за один сезон.

Интересно, что количество птенцов на гнездо по литературным данным (без учёта данных В.Г. Колбинцева) полностью совпадает с числом птенцов на успешное гнездо в конце июля по нашим исследованиям в 2022 г. Успешное гнездо в Карасе, посещавшееся регулярно В.Г. Колбинцевым, определённо вносит искажение в выборку. Во-первых, мы не знаем дат, в которые оно проверялось автором (выводок вполне мог лишиться одного из птенцов после осмотра этого гнезда по множеству разных причин, от плохой погоды и бескормицы до хищничества беркута). Во-вторых, оно может являться наиболее успешным в группировке в силу лучших кормовых условий на участке или большей толерантности птиц к беспокойству челове-

birdwatchers and ornithologists who do not set themselves the task of finding EV nests. In reality, the usual nesting height of EV in Karatau is 15.34 ± 26.72 m (Fig. 6). Due to the paucity of data on historical EV nesting, we do not know past nesting and substrate selection trends for the species and can only rely on the difference between 2010 and 2022, which is provided in the “Field Research” chapter. We can only say that EV continues to nest in niches in the mountains and foothills of Karatau, choosing sheer, but often low rocks, and continues to use dry branches and all kinds of rags (wool, skins, rags, etc.) as building materials.

We found 10 references to the number of eggs in EV clutches in the literature and on the *birds.kz* website. There was one egg in one nest in 2017 and 2018 (Gubin, Belyalov, 2017; Gubin, 2018b; 2020). Only R.G. Pfeffer (1990) mentions one clutch of three eggs for Southeast Kazakhstan, in other cases clutches of one to two eggs are described. On average, according to ten observations, clutches consisted of 1.9 ± 0.57 eggs (from 1 to 3).

We found 11 references to the number of nestlings in EV nests in the literature and on *birds.kz*. In three cases, two nestlings are described in the nest (Ivashchenko, 1991; Gubin, 2020). In other cases, one chick per nest is described. The number of nestlings per nest ($n=11$) averaged 1.27 ± 0.47 (from 1 to 2). If we add the data of V.G. Kolbintsev (2004b) on the nest in Karasai canyon (north of the Kuyuk pass) that has never been empty for 21 years since 1983 and, on average, EV managed to successfully feed two nestlings every second year in this nest, then you get an average ($n=30$) of 1.42 ± 0.5 nestlings (from 1 to 2) per nest.

Our data on the size of EV clutches more correctly reflect this indicator than the literature data, since we observed a larger number of nests several times in one season.

It is interesting that in literature data the number of nestlings per nest (without considering the data of V.G. Kolbintsev) completely coincides with the number of nestlings per successful nest at the end of July according to our research in 2022. A successful nest in Karasai, regularly visited by V.G. Kolbintsev, introduces a distortion in the sample. Firstly, we do not know dates on which it was checked by the author (the brood could lose nestlings after examining this nest for many different reasons, from bad weather and lack of food to predation by Golden Eagle). Secondly, it may be the most successful in grouping due to better feeding conditions on the territory or greater tolerance of birds to human distur-

ком. Поэтому реальный успех всей совокупности гнездящихся пар стервятников в Каратау, скорее всего, близок к показателю 1,27 птенцов на успешное гнездо.

Фенология

Самые ранние встречи стервятника на рассматриваемой территории приходятся на последнюю декаду марта: А. Исабеков наблюдал стервятника 22 марта 2021 г. в Кызылкумах (Туркестанская область) (Амирекул и др., 2022), 30 марта 1971 г. мигрировавший стервятник отмечен на перевале Чокпак (Гаврилов, Гисцов, 1985; Губин, Белялов, 2017). На Чокпакском орнитологическом стационаре в ходе многолетних учётов пролёта в весенний и осенний период стервятники наблюдались: по одному в 1990 г. и в 1987 г., шесть в один день в 1995 г., в 1988 г. один был окольцован, а в 1989 г. – добыта молодая самка (Гаврилов и др., 2016), также в 2003 г. было учтено две птицы (Гаврилов и др., 2004), что говорит о слабой интенсивности пролёта, либо об отсутствии наблюдений в период наибольшей интенсивности миграции стервятников.

Самая поздняя регистрация стервятника произошла на перевале Чокпак 28 сентября 1971 г. (Гаврилов, Гисцов, 1985; Губин, Белялов, 2017).

На территории заповедника Аксу-Джабаглы ежегодно проводились наблюдения и учёты птиц, практически каждый год орнитологи фиксировали встречи со стервятниками. Самая ранняя дата весеннего прилёта здесь отмечена 9 апреля 1982 г., а самая поздняя осенняя встреча – 12 сентября 1979 г. (Ивашенко, 1991). Возможно, что за 40 лет, прошедших с наблюдений А.А. Ивашенко, стервятник увеличил срок присутствия в гнездовом ареале на юге Казахстана с 20-х чисел марта до конца сентября. Но может быть, расширение диапазона дат регистраций стервятников в регионе связано с усилением интенсивности наблюдений за птицами.

Самое раннее в регионе упоминание о насиживающей кладку птице – 11.04.2016 г. (Губин, 2020).

Наши даты прилёта, отлёта и начала размножения стервятника лежат полностью внутри диапазона, описанного в выше цитируемых публикациях.

Угрозы

Основной угрозой для мировой популяции стервятника, как и для других падальщиков, считается непреднамеренное отравление в результате поедания ядови-

бальности. Поэтому, фактический успех всей популяции гнездящихся пар стервятников в Каратау скорее всего, близок к показателю 1,27 птенцов на успешное гнездо.

Phenology

The earliest EV sightings in the study area occur in the last ten days of March: A. Isabekov observed the EV on March 22, 2021 in Kyzylkum (Turkistan region) (Amirekul *et al.*, 2022); on March 30, 1971, a migrating EV was noted at Chokpak Pass (Gavrilov, Gistsov, 1985; Gubin, Belyalov, 2017). EVs were observed at Chokpak ornithological observatory during long-term migration surveys in spring and autumn: one in 1990 and 1987, six on one day in 1995, in 1988 one was ringed, and in 1989 a young female was caught (Gavrilov *et al.*, 2016). Also, two birds were counted in 2003 (Gavrilov *et al.*, 2004), which indicates a low passage intensity, or the absence of observations during the period of the highest EV migration intensity.

The latest EV record occurred at Chokpak pass on September 28, 1971 (Gavrilov, Gistsov, 1985; Gubin, Belyalov, 2017).

Observations and bird counts were carried out annually in Aksu-Zhabagly Reserve, and nearly every year ornithologists recorded encounters with EVs. The earliest spring arrival date here was 9 April 1982, and the latest autumn encounter was 12 September 1979 (Ivashchenko, 1991). It is possible that in the 40 years that have passed since A.A. Ivashchenko's observations, EV increased their period of presence in the breeding range in south Kazakhstan from the 20 March to the



Птенец стервятника в гнезде. Фото И. Карякина.
Nestling of the Egyptian Vulture in the nest.
Photo by I. Karyakin.

тых приманок, используемых для борьбы с четвероногими хищниками (Hernández, Margalida, 2009; Saravia *et al.*, 2016; Botha *et al.*, 2017). Хотя этот фактор следует считать в совокупности со всеми типами непреднамеренных отравлений, такими как поедание грызунов, погибших в ходе дератизации с использованием антикоагулянтов, потребление свинца из трупов животных, погибших от огнестрельных ранений, и НВПС из трупов домашнего скота (Velevski *et al.*, 2003; Cuthbert *et al.*, 2006; Abebe, 2013; Hernández, Margalida, 2009; Galligan *et al.*, 2014; Bounas *et al.*, 2016; Saravia *et al.*, 2016; Parvanov *et al.*, 2018; Plaza *et al.*, 2022).

Второй по важности угрозой является энергетическая инфраструктура (Botha *et al.*, 2017), на которой стервятники гибнут как от поражения электрическим током, так и в результате столкновений с проводами (Angelov *et al.*, 2013; Dobrev *et al.*, 2016; Bohra, Vyas, 2021; Martín–Martín *et al.*, 2022), и даже по причине запутывания лапами в скрутках воздушных кабелей или в зажимах (Gangoso, Palacios, 2002; Martín–Martín *et al.*, 2022). В эту же категорию угроз включены столкновения стервятников с лопастями ВЭС (Donázar *et al.*, 2007), так как данных по гибели и пониманию влияния уровня гибели на ВЭС на популяции стервятников крайне мало. ВЭС как серьезная угроза для стервятника приводится для 7% ООПТ в Греции (Kret *et al.*, 2016). М. Каррете с соавторами (Carrete *et al.*, 2009), анализируя жизнеспособность популяции стервятника в Испании, показали, что ВЭС, расположенные ближе чем на 15 км к гнездам стервятника, увеличивают смертность гнездящихся птиц и, несмотря на незначительный показатель ежегодной смертности, в долгосрочной перспективе он увеличивает вероятность вымирания всей испанской метапопуляции стервятников. Можно предполагать, что и в Каратау развивающаяся инфраструктура ВЭС будет наносить урон стервятникам, который в итоге окажет негативное влияние на уровне популяции.

На третьем месте среди главных угроз находится снижение доступности пищи, которое традиционно связывается с сокращением численности диких копытных, ужесточением санитарных норм по утилизации погибшего домашнего скота и изменением практики управления мусорными свалками в условиях ограниченной доступности пищи (Mundy *et al.*, 1992; Al Fazari, McGrady, 2016; Ogada *et al.*, 2016;

end of September. But perhaps the expansion of the EV registration date range in the region is associated with an increase in the intensity of bird watching.

The earliest mention of an incubating bird in the region is 11 April 2016 (Gubin, 2020).

Our dates for EV arrival, departure, and breeding lie entirely within the range described in the publications cited above.

Threats

Unintentional poisoning as a result of eating the poisonous bait used to control four-legged predators is considered the main threat to the global EV population, just like for other scavengers (Hernández, Margalida, 2009; Saravia *et al.*, 2016; Botha *et al.*, 2017). Although this factor should be considered in conjunction with all types of unintentional poisoning, such as eating rodents that died during deratization using anticoagulants, lead ingestion from the carcasses of animals that died from gunshot wounds, and NSAID from the carcasses of livestock. (Velevski *et al.*, 2003; Cuthbert *et al.*, 2006; Abebe, 2013; Hernández, Margalida, 2009; Galligan *et al.*, 2014; Bounas *et al.*, 2016; Saravia *et al.*, 2016; Parvanov *et al.*, 2018; Plaza *et al.*, 2022).

The second most important threat is energy infrastructure (Botha *et al.*, 2017), where EVs die both from electric shock and as a result of collisions with wires (Angelov *et al.*, 2013; Dobrev *et al.*, 2016; Bohra, Vyas, 2021; Martín–Martín *et al.*, 2022), and even due to feet entanglement in overhead cable twists or clamps (Gangoso, Palacios, 2002). Collisions with wind power plant blades are also included in this category (Donázar *et al.*, 2007) since there is little data on mortality and understanding how death rate at wind farms impacts EV populations. Wind power plants are reported as a major threat to EV in 7% of protected areas in Greece (Kret *et al.*, 2016). Analyzing the viability of the EV population in Spain M. Carrete *et al.* (2009) showed that wind power plants located closer than 15 km to EV nests increase the mortality of nesting birds and, despite an insignificant annual mortality rate, in the long term, it increases the likelihood of extinction of the entire Spanish EV metapopulation. It can be assumed that developing wind power plant infrastructure will cause damage to EV as well, which will eventually have a negative impact on abundance.

Third among the main threats is the decline in food availability, traditionally associated with decline in the number of wild ungulates, tightening of sanitary standards for the disposal of dead livestock, and changes in landfill management

Botha *et al.*, 2017). В ряде стран ареала этот фактор может занимать второе место по важности угрозы, как это отмечено в Болгарии и Греции (Kret *et al.*, 2016). Но есть исследования, которые показывают пластичность кормового поведения стервятника и его меньшую зависимость от доступности падали домашних копытных, в отличие от крупных падальщиков, что вселяет определённый оптимизм. В частности, после закрытия основных подкормочных станций для падальщиков на севере Испании стервятник не показал каких-либо тенденций в перестройке рациона и продолжает использовать ту же добычу и в тех же пропорциях, что и два десятилетия назад в том же районе исследования (дикий кролик – 4–42%, свиньи – 8–47%, овцы – 20–73%, домашняя птица – 10–95%, мусор – 2–51%), и предполагается, что другие факторы среды определяют очень высокую изменчивость рациона этого оппортуниста, маскируя тем самым последствия закрытия кормовых станций (Ceballos, Donázar, 1990; (Donázar *et al.*, 2010). В Каратау при наличии сильных изменений в масштабах скотоводства (численность скота, и, соответственно, падали растёт) и популяциях грызунов (катастрофическое одновременное сокращение численности многих видов), мы не видим какого-либо серьёзного увеличения роли падали домашнего скота в рационе на фоне полного выпадения из рациона грызунов, бывших доминантами в питании. Стервятник, конечно же, компенсировал потери от добычи грызунов тушами погибшего скота, о чём мы рассуждали выше (см. Изменения в популяции), но также серьёзно возросла роль в его рационе ежей и птиц (см. табл. 15). Так как мы не вели регулярных видеонаблюдений на гнёздах стервятника, сложно сказать, какова реальная доля падали и тушек ежей и птиц в его рационе сейчас и 20 лет назад. Мы можем лишь констатировать факт, что останков ежей и птиц на гнёздах стало больше, просто потому, что они визуально заметны, хотя уровень их биомассы в совокупном рационе относительно падали и даже мелких мышевидных грызунов, съедаемых без каких-либо останков на гнёздах, может быть незначительным.

В Международном плане действий по падальщикам человеческому вмешательству и деградации среды обитания как угрозам для стервятника не уделено внимание, хотя они обозначены как второстепенные (Botha *et al.*, 2017). Беспокойство со сто-

practices in conditions of limited food availability (Mundy *et al.*, 1992; Al Fazari, McGrady, 2016; Ogada *et al.*, 2016; Botha *et al.*, 2017). This factor may be the second most important threat in some countries within the range, as noted for Bulgaria and Greece (Kret *et al.*, 2016). But there are studies that show the plasticity of EV's foraging behavior and its lesser dependence on the availability of carrion of domestic ungulates, in contrast to large scavengers, which inspires a certain optimism. In particular, since the closure of the main carrion feeder stations in northern Spain, EV has not shown any trend in dietary modification and continues to consume the same prey and in the same proportions as it did two decades ago in the same study area (wild rabbit 4–42%, pigs 8–47%, sheep 20–73%, poultry 10–95%, garbage 2–51%), and it is assumed that other environmental factors determine the very high variability in the diet of this opportunist, thus masking the consequences of closing feeding stations (Ceballos, Donázar, 1990; (Donázar *et al.*, 2010). In Karatau, among significant changes in the scale of livestock (number of cattle and, accordingly, carrion, is growing) and rodent populations (a catastrophic simultaneous reduction in the number of many species), we do not see any serious increase in the role of dead cattle in EV diet against the background of a complete loss of rodents that previously dominated their diet. Of course, EV compensated for the loss of rodents with cattle carcasses, as we discussed above (see Changes in the population), but the role of hedgehogs and birds in its diet significantly increased as well (see Table 15). Since we did not conduct regular video surveillance on EV nests, it is difficult to say what is the real share of carrion and carcasses



Останки птенца стервятника, съеденного крупным пернатым хищником. Фото И. Карякина.

The remains of the Egyptian Vulture nestling eaten by a large raptor. Photo by I. Karyakin.

роны человека несёт значительные угрозы на локальных территориях – так, И. Зуберогитиа с соавторами (Zuberogitia *et al.*, 2008) сообщили, что из 100 наблюдаемых ими попыток размножения 15 пар стервятников 42 попытки были неудачными из-за вмешательства человека. В Каратау мы наблюдаем большой отход гнёзд на стадии кладки и мелких пуховых птенцов, что также может быть вызвано в первую очередь беспокойством со стороны человека. В последние годы это усугубляется тем, что стервятник гнездится всё ближе к фермам и местам присутствия человека. И, если кормовая ситуация в Каратау не улучшится, то стервятник так и продолжит ютиться близ ферм и нести репродуктивные потери. Рано или поздно это скажется негативно на его популяции за счёт сокращения пула свободных особей и невозможности восполнять потери взрослых птиц в гнездящихся парах. Разрушение местообитаний не является столь критическим для стервятника в Европе, хотя и указывается как угроза в Греции (Kret *et al.*, 2016), но для Казахстана это может стать одним из серьёзных лимитирующих факторов, так как большая часть добычи полезных ископаемых в стране ведётся как раз в основном ядре популяции стервятника на юге и юго-востоке Казахстана, в том числе в Каратау (см. Sonter *et al.*, 2020). Мы уже видим пятую часть от пула известных гнёзд стервятника в зоне активно ведущихся геолого-разведочных работ и ещё столько же, лежащих в пределах лицензионных участков, отведённых под добычу полезных ископаемых. Если планы по добыче полезных ископаемых на всех лицензионных участках будут реализованы в полном объёме, то каратауская популяция стервятника может потерять до трети гнездящихся пар.

Таким образом, доказанные угрозы, с которыми столкнётся каратауская популяция стервятника в ближайшее время – это горная добыча и строительство ВЭС. Уже анонсированы планы строительства горно-металлургического комплекса по производству чёрного свинца на базе Ачисайского месторождения⁶³ и завода по производству барита на базе месторождения Ансай (Журавлева, 2022), где добыча планируется открытым способом: ТОО «ГРК Металлинвест» объявлял проведение общественных слушаний ещё в феврале 2022 г.⁶⁴ В рамках Инвестиционного круг-

of hedgehogs and birds in its diet now and 20 years ago. We can only state that hedgehog and bird remains on nests are encountered more often simply because they are visually noticeable, although their biomass amount in the total diet relative to carrion and even small mouse-like rodents eaten without any remains may be insignificant.

The International Vulture Action Plan does not address human disturbance and habitat degradation as threats to EV, although they are listed as secondary (Botha *et al.*, 2017). Human disturbance poses significant threats in local areas – for example, I. Zuberogitia *et al.* (Zuberogitia *et al.*, 2008) reported that out of 100 breeding attempts of 15 EV pairs they observed, 42 attempts were unsuccessful due to human intervention. In Karatau, we observe a huge nest loss at the stage of laying and small downy nestlings, which can also be caused primarily by human disturbance. In recent years, this has been exacerbated by the location of EV nests closer and closer to farms and places of human presence. If the feeding situation in Karatau does not improve, EV will continue to huddle near the farms and suffer reproductive losses. Sooner or later, this will have a negative impact on its population due to a reduction in the pool of free individuals and the inability to compensate for the loss of adult birds in nesting pairs. Habitat destruction is not as critical for EV in Europe, although it is indicated as a threat in Kret *et al.*, 2016, but for Kazakhstan this can become one of the serious limiting factors, since most of the country's mining is carried out in the core of EV population in the south and southeast of Kazakhstan, including in Karatau (see Sonter *et al.*, 2020). We already see one-fifth of the known EV nests pool in the area of active exploration work, and the same number lying within the licensed areas allocated for mining. If mining plans for all licensed areas are fully implemented, the Karatau EV population may lose up to a third of breeding pairs.

Thus, mining and the construction of wind power farms are among the proven threats that the EV population of Karatau will face in the near future. Plans have already been announced for the construction of a mining and smelting complex to produce black lead at the Achisai deposit⁶³ and a processing plant for the production of barite at the Ansai deposit (Zhuravleva, 2022). Open-pit mining is planned on Ansai deposit – GRK Metallinvest LLP announced public hearings back in February 2022.⁶⁴ As part of the Investment Roundtable in November 2022, an intergovernmental

⁶³ <http://webmineral.ru/deposits/item.php?id=3959>

⁶⁴ <http://www.gov.kz/memleket/entities/turkestan-tabigi-resurstar/documents/details/271440?lang=ru>

лого стола в ноябре 2022 г. подписано межправительственное соглашение между Министерством энергетики Республики Казахстан и Министерством Европы и иностранных дел Франции о строительстве ВЭС мощностью 1 ГВт в Жамбылской области.⁶⁵

Заключение

Из более чем 150 наблюдений стервятников в Каратау, собранных нами по литературным источникам (Приложении 6⁶³), около 30 описывают нахождение гнёзд на этой территории (описание одних и тех же мест гнездования повторяется). За почти 80 лет сбора данных по этому виду в трёх гнёздах были найдены отложенные яйца и в 7 гнёздах были обнаружены птенцы (с учётом данных В.Г. Колбинцева о гнезде стервятника в каньоне Карасай, которые добавляют два десятка случаев размножения на одном гнезде, но без указания деталей).

Нами лишь за один сезон целевых работ по стервятнику в течение 2-х месяцев в апреле и июле было посещено 47 гнездовых участков этого вида (с поиском новых гнёзд на впервые обследованных территориях), описано и занесено в базу данных 30 гнёзд, в том числе 19 активных гнёзд на 23 гнездовых участках. Такая большая разница в результатах выявления стервятников в ходе целевых учётов и обычных орнитологических экскурсий косвенно указывает на незаметность вида, несмотря на его яркую окраску, и лишней раз показывает необъективность прогнозов распространения и численности стервятника, основанных на несистемных наблюдениях. В то же время, любые регистрации этого редкого вида добавляют информацию в копилку знаний о его распространении и особенно ценны для территорий, являющихся «белыми пятнами» в ареале стервятника. Поэтому мы призываем орнитологов и любителей птиц акцентировать внимание на наблюдении стервятников в пригодных для этого вида местообитаниях и активнее делиться этими наблюдениями через электронные базы данных различных сообществ, такие

agreement was signed between the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan and the Ministry of Europe and Foreign Affairs of France on the construction of a wind farm with a capacity of 1 GW in the Zhambyl region.⁶⁵

Conclusion

Out of the 150+ EV sightings in Karatau that we collected from literary sources (Appendix 6⁶³), about 30 describe the location of nests in this territory (description of the same nesting places is repeated). During almost 80 years of collecting data on the species, eggs were found in three nests, and nestlings were found in seven nests (including the data of V.G. Kolbintsev regarding the nest in Karasai canyon adds two dozen cases of breeding on one nest without many details).

During the only season of targeted work on EV for two months in April and July, we visited 47 breeding territories of the species (with a search for new nests in territories surveyed for the first time), described and entered 30 nests into the database, including 19 active nests in 23 breeding territories. Such a large difference in the results of detection of EVs during target counts and ordinary ornithological excursions indirectly indicates EV's low detectability, despite its bright color, and once again shows the bias of the predicting distribution and abundance of the species, which are based on simple bird observations, when the researchers were not faced with the task of targeted detection of nesting EVs. At the same time, any records of this rare species add data to knowledge of its distribution and are especially valuable for territories that are "white spots" in the EV range. We urge ornithologists and birdwatchers to focus on EV sightings in suitable habitats and to share these sightings more actively through electronic community databases such as iNaturalist⁵⁰, eBird⁵¹, and the web GIS Faunistics⁵².

Currently, 91 breeding territories of EV are known in the Karatau region (47 breeding ter-



Птенец стервятника в гнезде. Фото И. Карякина.

*Nesfling of the Egyptian Vulture in the nest.
Photo by I. Karyakin.*

⁶⁵ <http://invest.gov.kz/media-center/press-releases/25-dokumentov-na-obshchuyu-summu-3-mlrd-podpisali-na-polyakh-kazakhstansko-frantsuzskogo-investitsio>

как iNaturalist⁵⁰, eBird⁵¹ и веб-ГИС «Фаунистика»⁵².

В настоящее время в регионе известен уже 91 гнездовой участок стервятников (47 гнездовых участков – наши данные, 44 – регистрации других орнитологов и любителей птиц) – это 32,7% от средней оценки численности вида. Современная оценка численности стервятника в Каратау и на прилегающих территориях оценена в диапазоне от 171 до 298, в среднем 278 гнездящихся пар, и от 43 до 74, в среднем 69 успешных пар. На 15% площади местообитаний стервятника в Каратау и на прилегающих территориях, которые обследованы в настоящее время, предполагается гнездование трети всей каратауской популяции вида.

Наша оценка численности стервятника в Каратау в дальнейшем может быть легко откорректирована в результате верификации в поле гнездопригодных биотопов и паттерна точек, который мы сгенерировали для необследованных территорий.

Благодарности

Полевые работы в 2022 г. выполнены при поддержке Фонда сотрудничества для сохранения экосистем, находящихся в критическом состоянии (CEPF)⁶⁶, Проекта «Алтай» (США)⁶⁷ в рамках проекта «Сохранение уязвимых видов пернатых хищников на Индо-Палеарктическом миграционном пути» (“Endangered Raptors Conservation on the Indo-Paleartic Migration Flyway”), Фонда сохранения видов Тревоора Пойзера (Trevor Poyser Species Conservation Fund) через Орнитологическое общество Ближнего Востока (OSME) и Фонда ГГФ (Global Greengrants Fund).

Авторы благодарят директора Общественного фонда «Центр изучения и сохранения биоразнообразия» (BRCC)⁶⁸ Нурлана Онгарбаева за организацию экспедиции в Казахстане и всестороннюю моральную поддержку, участников полевых работ: Нурума Сагалиева, Дау Лал Бохра, Кордиана Бартошук и Александра Милежика, а также водителя Бауыржана Утебаева за вождение в сложных условиях экстремальной жары при ненормируемом рабочем дне. Отдельная благодарность Татьяне Челнаковой и Дженнифер Кастнер за перевод текста статьи на английский и его редакцию и рецензентам за ценные рекомендации в процессе доработки статьи.

territories from our data, 44 records of other ornithologists and bird lovers) – this is 32.7% of the average estimate of regional abundance. The current estimate of EV abundance in Karatau and adjacent areas ranges from 171 to 298, with an average of 278 breeding pairs, and from 43 to 74, with an average of 69 successful pairs. One third of the entire Karatau population is supposed to nest on 15% of EV habitat area in Karatau and its adjacent territories, which are currently surveyed.

Our estimate of the EV abundance in Karatau can be easily corrected in the future based on field verification of nesting habitats and the point pattern that we generated for unsurveyed areas.

Acknowledgements

Field research in 2022 was supported by The Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF)⁶⁶, The Altai Project (USA)⁶⁷ as part of the project “Endangered Raptors Conservation on the Indo-Paleartic Migration Flyway”, Trevor Poyser Species Conservation Fund through Ornithological Society of the Middle East (OSME) and Global Greengrants Fund (GGF).

The authors would like to thank the Director of the Biodiversity Research and Conservation Center Community Trust (BRCC)⁶⁸ Nurlan Ongarbayev for organizing the expedition in Kazakhstan and all-round moral support, the participants of the field work: Nurum Sagaliyev, Dau Lal Bohra, Kordian Bartoszuk and Alexander Milezhik, as well as driver Bauyrzhan Utebayev for driving in difficult conditions of extreme heat during irregular working hours. Special thanks to Tatyana Chelnakova and Jennifer Castner for translating the text of the article into English and its edited, and to the reviewers for valuable recommendations in the process of finalizing this article.

Data Accessibility Statement

All external data used in this article is available as attachments to the article on the Russian Raptor Research and Conservation Network website.

The EV presence points that were verified as breeding territories and were used to model the distribution and abundance of the species, are available to registered users of the “editor” level in the web GIS “Faunistics”.

The code used in the article is available on GitHub⁶⁹.

⁶⁶ <http://www.cepf.net>

⁶⁷ <http://www.altaiproject.org>

⁶⁸ <http://www.facebook.com/brcc.kz>

⁶⁹ <http://github.com/kiri-rin/rrcn-ee-nodejs>



Пара стервятников около гнезда. Фото И. Карякина.
Pair of the Egyptian Vulture near the nest. Photo by I. Karyakin.

Заявление о доступности данных

Все внешние данные, использованные в этой статье, доступны в виде приложений к статье на сайте Российской сети изучения и охраны пернатых хищников.

Точки присутствия стервятника, верифицированные в качестве гнездовых, по которым осуществлялось моделирование распространения и численности вида, доступны зарегистрированным пользователям уровня «редактор» в веб-ГИС «Фаунистика».

Код, использовавшийся в статье, доступен на GitHub⁶⁹.

Литература / References

Амирекул К., Беляев А., Белоусов Э., Губин Б., Дякин Г., Исабеков А., Ишков Л., Коваленко А., Ластухин А., Нукусбеков М., Орлянский А., Паркер Р., Пархаев П., Сивоконь О., Федоренко В. Стервятник *Neophron percnopterus* (Linnaeus, 1758). [Amirekul K., Belyaev A., Belousov E., Gubin B., Dyakin G., Isabekov A., Ishkov L., Kovalenko A., Lastukhin A., Nukusbekov M., Orlyansky A., Parker R., Parkhaev P., Sivokon O., Fedorenko V. Egyptian Vulture *Neophron percnopterus* (Linnaeus, 1758).] – Kazakhstan birdwatching community. 2022.] URL: <https://birds.kz/v2taxon.php?s=118&l=en> Дата обращения: 25.11.2022.

Гаврилов Э.И. Фауна и распространение птиц Казахстана. Алматы, 1999. 198 с. [Gavrilov E.I. Fauna and distribution of the birds of Kazakhstan. Almaty, 1999: 1–198. (in Russian.)] URL: http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/02/gavrilov_1999.djvu Дата обращения: 25.11.2022.

Гаврилов А.Э., Абаев А.Ж., Зарипова С.Х. Материалы по срокам пролёта и численности мигрантов на Чокпакском перевале (предгорья Западного Тянь-Шаня) в период 1982–2016 гг. – Selevinia. 2016. С. 201–208. [Gavrilov A.E., Abaev A.Zh., Zaripova S.Kh. Materials on the dates of migration and number of birds on Chokpak pass (West Tien Shan foothills) in 1982–2016. – Selevinia. 2016: 201–208. (in Russian.)] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/04/selevinia-2016-issn.pdf#page=207> Дата обращения: 25.11.2022.

Гаврилов А.Э., Гаврилов Э.И., Диханбаев А.Н., Сарсекова К.А., Абаев А.Ж. Результаты работы на Чокпакском орнитологическом стационаре в 2003 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы: «Tethys», 2004. С. 92–93. [Gavrilov A.E., Gavrilov E.I., Dikhanbaev A.N., Sarsekova K.A., Abaev A.Zh. Results of work at the Chokpak ornithological station in 2003. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: “Tethys”, 2004: 92–93. (in Russian.)] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Гаврилов Э.И., Гисцов А.П. Сезонные перелёты птиц в предгорьях Западного Тянь-Шаня. Алма-Ата. 1985. 1–223. [Gavrilov E.I., Gistsov A.P. Seasonal bird flights in the foothills of the Western Tien Shan. Alma-Ata. 1985: 1–223. (in Russian.)]

Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть: Учебник для студентов географических факультетов университетов. М., Мысль, 1978. 512 с. [Gvozdetskiy N.A., Mikhailov N.I. Physical Geography of the USSR. Asian part: A textbook for students of geographical faculties of universities. Moscow, 1978: 1–512. (in Russian.)] URL: https://elementy.ru/catalog/6664/Gvozdetskiy_N_A_Mikhaylov_N_I_Fizicheskaya_geografiya_SSSR_Aziatskaya_chast_tapemark_narod_ru_geograf Дата обращения: 25.11.2022.

Губин Б.М. Птицы пустынь Казахстана. Кн. 2. Алматы: ТОО «SprintR», 2018 а. 289 с. [Gubin B.M. Birds of the deserts of Kazakhstan. Vol. 2. Almaty, 2018 а: 1–289. (in Russian.)] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/01/book-2_bg-1.pdf Дата обращения: 25.11.2022.

Губин Б.М. Птицы Бельтау. – Русский орнитологический журнал. 2018 б. Т. 27, Экспресс-выпуск 1647: С. 3627–3651. [Gubin B.M. Birds of Beltau. – The Russian Journal of Ornithology. 2018 б. 27 (1647): 3627–3651.] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ptitsy-beltau> Дата обращения: 25.11.2022.

Губин Б.М. Птицы пустынь Казахстана. Кн. 3. Алматы: ТОО «SpringR», 2020. 359 с. [Gubin B.M. Birds of the deserts of Kazakhstan. Vol. 3. Almaty: LLP “SpringR”, 2020: 1–359. (in Russian.)] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/01/book-3_electron_.pdf Дата обращения: 25.11.2022.

Губин Б.М., Белялов О.В. Гнездящиеся птицы Сырдарьинского Каратау. – Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии. Вып. 4. Алматы. 2017. С. 85–131. [Gubin B.M., Belyalov O.V. Nesting birds of Syrdarya Karatau. – Ornithological Bulletin of Kazakhstan and Central Asia. Almaty. 2017. 4: 85–131. (in Russian.)] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/ornit-vestn-kz-sa-4-2017.pdf#page=89> Дата обращения: 25.11.2022.

Губин Б.М., Карпов Ф.Ф. Гнездящиеся птицы Малого Каратау (южный Казахстан). – Русский орнитологический журнал. 2000. Экспресс-выпуск 88. С. 3–14. [Gubin B.M., Karpov F.F. Breeding birds of Maliy Karatau (Southern Kazakhstan). – The Russian Journal of Ornithology. 2000. 88: 3–14. (in Russian.)] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gnezdyaschiesya-ptitsy-malogo-karatau-yuzhnyy-kazakhstan> Дата обращения: 25.11.2022.

Губин Б.М., Склярченко С.Л. Птицы восточной кромки пустыни Кызылкум – Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии. Вып. 3. 2014. С. 84–134. [Gubin B.M., Sklyarenko S.L. Birds of the Eastern Edge of the Kyzylkum Desert – Ornithological Bulletin of Kazakhstan and Central Asia. 2014. 3: 84–134. (in Russian.)] URL: <https://www.acbk.kz/elfinder/files/Data%20zone/ACBK%20publikacyi/Nauchnie%20publikacii/Pticy%20vostochnoj%20kromki%20pustyni%20Kyzylkum.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

- Дементьев Г.П. Отряд хищные птицы: Accipitres или Falconiformes. – Птицы Советского Союза. Т. 1. / Ред. Г.П. Дементьев, Н.А. Гладков. М.: Советская наука, 1951. С. 70–341. [Dementiev G.P. Birds of prey: Accipitres or Falconiformes. – Birds of the Soviet Union. Vol. 1. / G.P. Dementiev, N.A. Gladkov (Eds.). Moscow, 1951: 70–341. (in Russian).] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/14389> Дата обращения: 25.11.2022.
- Джаналеева К.М. Физико-географическое районирование Республики Казахстан: Учебное пособие. Алматы: Эверо, 2018. 328 с. [Dzhanaleeva K.M. Physical-geographical zoning of the Republic of Kazakhstan: Textbook. Almaty: Evero, 2018: 1–328. (in Russian).] URL: <http://zhetyu.edu.kz:8081/book/4659> Дата обращения: 25.11.2022.
- Долгушин И.А. К фауне птиц Каратау. – Известия АН КазССР. 1951. № 105. Серия зоологическая. № 10. С. 72–117. [Dolgushin I.A. To the ornithofauna of Karatau. – News of the Academy of Sciences of the KazSSR. Zoological series. 1951. 105(10): 72–117. (in Russian).]
- Жемчужников В.Г., Ергалиев Г.Х. Геология осадочных бассейнов хребта Каратау (Южный Казахстан). – Известия НАН РК. Серия геологическая. 2010. № 1. С. 4–23. [Zhemchuzhnikov V.G., Ergaliev G.Kh. Geology of sedimentary basins of the Karatau Ridge (South Kazakhstan). – News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology. 2010. 1: 4–23. (in Russian).] URL: <http://nblib.library.kz/elib/library.kz/journal/Zhemshujnikov.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.
- Журавлева Е. На юге Казахстана запустят шесть крупных проектов. – Информационное агентство «LS Aqparat». 2022. [Zhuravleva E. Six large projects will be launched in the south of Kazakhstan. – Information agency “LS Aqparat”. 2022. (in Russian).] URL: <https://lsm.kz/shest-krupnyh-proektov> Дата обращения: 25.11.2022.
- Ивашенко А.А. О гнездовании редких видов птиц в заповеднике Аксуджабагы. – Экологические исследования и охрана птиц Прибалтийских республик. Каунас, 1982. С. 35–36. [Ivashchenko A.A. About the nesting of rare bird species in the Aksu Dzhabagly State Nature Reserve. – Ecological researches and conservation of birds of the Baltic republics. Kaunas, 1982: 35–36. (in Russian).]
- Ивашенко А.А. Краткое сообщение о стервятнике (Чимкентская область). – Редкие птицы и звери Казахстана. Алма-Ата, 1991. С. 110. [Ivashchenko A.A. Short report about the Egyptian Vulture (Chimkent region). – Rare birds and mammals of Kazakhstan. Alma-Ata, 1991: 110. (in Russian).] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gnezdovanie-stervyatnika-neophron-percnopterus-v-zapovednike-aksu-dzhabagly-talasskiy-alatau-zapadnyu-tyan-shan> Дата обращения: 25.11.2022.
- Ивашенко А.А. Наблюдения за птицами в Западном Тянь-Шане весной 2008 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2008. Алматы: «Tethys», 2009. С. 145–146. [Ivashchenko A.A. Bird observations in the Western Tien Shan in spring 2008. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2008. Almaty: “Tethys”, 2009: 145–146. (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/7ecea1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.
- Капитонов В.И. Особенности орнитофауны хребта Каржантау (Западный Тянь-Шань). – Орнитология в СССР. Кн. 2: Материалы (тезисы) пятой Всесоюзной орнитологической конференции. Ашхабад: Академия наук Туркменской ССР, 1969. С. 272–275. [Kapitonov V.I. Features of the avifauna of the Karzhantau Ridge (Western Tien Shan). – Ornithology in the USSR / G.S. Belskaya, N.A. Gladkov, G.P. Dementiev, A.K. Rustamov, A.O. Tashliev, E.I. Shcherbina, E.A. Klyushkin (Eds.). Book. 2: Materials (theses) of the 5th of All-Union Ornithological Conference. Ashkhabad: Academy of Sciences of the Turkmen SSR, 1969: 272–275. (in Russian).] URL: http://ashipunov.me/shipunov/school/books/ornitologia_v_ssr_1969_2.djvu Дата обращения: 25.11.2022.
- 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/en/archives/11151> Дата обращения: 25.11.2022.
- Карякин И.В. Орлы России и Казахстана: места обитания и зоны электросетевой опасности. Новосибирск: Сибэкоцентр, 2016. 36 с. [Karyakin I.V. Eagles of Russia and Kazakhstan: ranges and electric-grid danger zones. Novosibirsk: Sibecocenter, 2016: 1–36. (in Russian).] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/26593> Дата обращения: 25.11.2022.
- Кашкаров Д.Н. Экологический очерк района озер Бийликуль, Ак-куль и Аши-куль Аулиятинского уезда. – Труды Среднеазиатского университета, серия VIII-а. Зоология. Ташкент, 1928. Вып. 2. С. 1–54. [Kashkarov D.N. Ecological essay of the region of lakes: Biylu-Kul, Ak-Kul and Ashchi-Kul of the Aulieata district. – Proceedings of the Central Asian University, series VIII-a Zoology. Vol. 2. Tashkent, 1928: 1–54. (in Russian).]
- Кашкаров Д.Ю., Загребин С.В. Современное состояние хищных птиц в урочище Аксак-ата (Западный Тянь-Шань). – Биоразнообразие Западного Тянь-Шаня: охрана и рациональное использование. Ташкент, 2002. С. 108–114. [Kashkarov D.Yu., Zagrebin S.V. The current state of birds of prey in the Aksak-ata tract (Western Tien Shan). – Biodiversity of the Western Tien Shan: protection and rational use. Tashkent, 2002: 108–114. (in Russian).]
- Ковшарь А.Ф. Птицы Таласского Алатау. Алма-Ата: «Кайнар», 1966. 436 с. [Kovshar A.F. Birds of the Talas Alatau. Alma-Ata: “Kainar”, 1966: 1–436. (in Russian).] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/10/kovsharj_1966.pdf Дата обращения: 25.11.2022.
- Ковшарь А.Ф. Птицы Тянь-Шаня (западной половины горной системы в пределах Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана). Том 1: Неворобьиные. Алматы, 2019. 560 с. [Kovshar A.F. Birds of Tien Shan (Middle Asian part of the mountain system in the limits of Kazakhstan, Kyrgyzstan, Uzbekistan, Tajikistan). Vol. 1: Non-passerines. Almaty, 2019: 1–560. (in Russian).]
- Колбинцев В.Г. Современное состояние популяций хищных птиц-некрофагов в хребте Каратау. – Экологические аспекты изучения, практического использования и охраны птиц в горных экосистемах. Фрунзе, 1989. С. 57–58. [Kolbintsev V.G. The current state of populations of vultures in the Karatau ridge. – Ecological aspects of the study, practical use and protection of birds in mountain ecosystems. Frunze, 1989: 57–58. (in Russian).]
- Колбинцев В.Г. Современное состояние популяций редких видов позвоночных животных заповедника Аксуджабагы. – Биологическое разнообразие Западного Тянь-Шаня (казахстанская часть): Труды Аксуджабаглинского государственного природного заповедника. Вып. 8. / Ред. А.Ф. Ковшарь. Кокшетау, 2001. С. 139–140. [Kolbintsev V.G. The current state of populations of rare species of vertebrates in the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. – Biological diversity of the Western Tien Shan (Kazakhstan part): Proceedings of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. Vol. 8. / A.F. Kovshar (Ed.).

Kokshetau, 2001: 139–140. (in Russian.) URL: <https://www.twirpx.org/file/2995001> Дата обращения: 25.11.2022.

Колбинцев В.Г. Стервятник *Neophron percnopterus*. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы: «Tethys», 2004 а. С. 142. [Kolbintsev V.G. Egyptian Vulture *Neophron percnopterus*. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: “Tethys”, 2004 a: 142. (in Russian.)] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Колбинцев В.Г. Современное состояние популяции редких гнездящихся видов сов и хищных птиц в Малом Каратау. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы: «Tethys», 2004 б. С. 214–219. [Kolbintsev V.G. The current state of the population of rare breeding species of owls and birds of prey in the Small Karatau. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: “Tethys”, 2004 b: 214–219. (in Russian.)] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Корелов М.Н. Отряд хищные птицы – Falconiformes. – Птицы Казахстана / Ред. В.Ф. Гаврин, И.А. Долгушин, М.Н. Корелов, М.А. Кузьмина. Т. 2. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1962. С. 488–707. [Korelov M.N. Birds of prey – Falconiformes. – Birds of Kazakhstan / V.F. Gavrin, I.A. Dolgushin, M.N. Korelov, M.A. Kuzmina (Eds.). Vol. 2. Alma-Ata: Publishing house of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1962: 488–707. (in Russian.)] URL: http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/03/birds-of-kazakhstan_2_gavrin1962_ptitsy_kazakh_2.djvu Дата обращения: 25.11.2022.

Корелов М.Н. Орнитологические экспедиции в Каратау в 1958 и 1960 гг. – Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии / Ред. А.Ф. Ковшарь, Э.А. Рустамов, О.В. Митропольский, А.С. Левин, В.А. Ковшарь. Вып. 1. Алматы: МОО СОПКА-АСБК, 2012. С. 25–41. [Korelov M.N. Ornithological expeditions to Karatau in 1958 and 1960. – Ornithological News of Kazakhstan and Middle Asia / A.F. Kovshar, E.A. Rustamov, O.V. Mitropolsky, A.S. Levin, V.A. Kovshar (Eds.). Vol. 1. Almaty, 2012: 25–41. (in Russian.)] URL: http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2014/12/sbornik_Korelov.pdf#page=17 Дата обращения: 25.11.2022.

Кучерук В.В. Избранные труды. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. 523 с. [Kucheruk V.V. Selected Works. Moscow, 2006: 1–523. (in Russian.)] URL: http://ashipunov.me/shipunov/school/books/kucheruk2006_izbrannye_trudy.djvu Дата обращения: 25.11.2022.

Ластухин А.А. Украшенный чибис *Lobivanellus indicus* – новый залётный вид для фауны Казахстана. – Русский орнитологический журнал 2015. Т. 24. Экспресс-выпуск 1117. С. 861–864. [Lastukhin A.A. Red-wattled Lapwing *Lobivanellus indicus* is a new vagrant species for the fauna of Kazakhstan. – The Russian Journal of Ornithology. 2015. 24 (1117): 861–864. (in Russian.)] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ukrashenny-chibis-lobivanellus-indicus-novyy-zalyotnyy-vid-dlya-fauny-kazakhstana> Дата обращения: 25.11.2022.

Левин А.С., Карякин И.В., Коваленко А.В. Балобан на юге Казахстана и перспективы его сохранения. – Материалы Международной научной конференции «Зоологические исследования за 20 лет независимости Республики Казахстан» посвящённой 20-летию независимости Республики Казахстан, 22–23 сентября 2011 г. / Ред. А.М. Мелдебек, М.Х. Байжанов, А.Ф. Ковшарь, А.Б. Бекенов, П.А. Тлеубердина, В.А. Казенас, И.Н. Магда, З.З. Саякова Алматы, 2011. С. 254–256. [Levin A.S., Karyakin I.V., Kovalenko A.V. Saker Falcon in the south of Kazakhstan and prospects for its conservation. – Zoological Researches of the 20 years of independence

of Republic of Kazakhstan: Materials of the International Scientific Conference devoted to the 20 years of independence of Republic of Kazakhstan. On September, 22–23, 2011 / A.M. Meldebekov, M.Kh. Baizhanov, A.F. Kovshar, A.B. Bekenov, P.A. Tleuberdina, V.L. Kazenas, I.N. Magda, Z.Z. Sajakova (Eds.). Almaty, 2011: 254–256. (in Russian.)] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/01/2011-konferenciya_institut-zoologii.pdf#page=254 Дата обращения: 25.11.2022.

Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Мысль, 1977. 293 с. [Milkov F.N. Natural zones of the USSR. Second edition. Moscow, 1977: 1–293. (in Russian.)] URL: https://www.studmed.ru/milkov-f-n-prirodnye-zony-sssr_298f8e4fb8d.html Дата обращения: 25.11.2022.

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

Пестов М.В., Нурмухамбетов Ж.Э., Мухашов А.Т., Терентьев В.А. Итоги второго этапа проекта по подкормке птицападальщиков в Устьуртском государственном природном заповеднике в 2018 г., Казахстан. – Пернатые хищники и их охрана. 2019. № 38. С. 179–194. [Pestov M.V., Nurmukhambetov Zh.E., Mukhashov A.T., Terentyev V.A. Results of the Second Phase of the Project on Supplemental Feeding of Vultures in Ustyurt State Nature Reserve in 2018, Kazakhstan. – Raptors Conservation. 2019. 38: 179–194.] DOI: 10.19074/1814-8654-2019-38-179–194 URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/32021> Дата обращения: 25.11.2022.

Пестов М.В., Нурмухамбетов Ж.Э., Терентьев В.А., Мухашов А.Т., Пулатов А.А., Турмагамбетов С.М. Итоги проекта по подкормке птицападальщиков в Устьуртском государственном природном заповеднике (Казахстан) в 2016 году. – Пернатые хищники и их охрана. 2017. № 34. С. 12–26. [Pestov M.V., Nurmukhambetov Zh.E., Terentyev V.A., Mukhashov A.T., Pulatov A.A., Turmagambetov S.M. Results of Project on Supplemental Feeding of Vultures in Ustyurt State Nature Reserve (Kazakhstan) in 2016. – Raptors Conservation. 2017. 34: 12–26.] DOI: 10.19074/1814-8654-2017-34-12-26 URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/28677> Дата обращения: 25.11.2022.

Пфеффер Р.Г. К биологии размножения стервятника *Neophron percnopterus* в Алма-Атинской области. – Редкие и малоизученные птицы Средней Азии. Ташкент, 1990. С. 105–108. [Pfeffer R.G. On the breeding biology of the vulture in the Alma-Ata region. – Rare and poorly studied birds of Central Asia. Tashkent, 1990: 105–108. (in Russian.)] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-biologii-razmnozheniya-stervyatnika-neophron-percnopterus-v-almata-atskoy-oblasti> Дата обращения: 25.11.2022.

Пфеффер Р.Г. Стервятник *Neophron percnopterus* Linnaeus, 1758. – Красная книга Республики Казахстан. Изд. 4-е, переработанное и дополненное. Том I.: Животные; Часть 1: Позвоночные / Ред.: А.М. Мелдебек, М.Х. Байжанов, А.Б. Бекенов, А.Ф. Ковшарь. Алматы: «DPS», 2010. С. 140–141. [Pfeffer R.G. Egyptian Vulture *Neophron percnopterus* Linnaeus, 1758. The Red Data Book of the Republic of Kazakhstan. 4th edition, revised and updated. Volume I.: Animals; Part 1: Vertebrates / A.M. Meldebekov, M.Kh. Baizhanov, A.B. Bekenov, A.F. Kovshar (Eds.). Almaty: “DPS”, 2010: 140–141. (in Kazakh and Russian.)] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/02/red-data-book-rk_v1_1_2010.pdf#page=142 Дата обращения: 25.11.2022.

Равкин Ю.С., Богомолова И.Н., Николаева О.Н., Железнова Т.К. Районирование Северной Евразии по фауне на

земных позвоночных и классификация их по сходству распространения. – Сибирский экологический журнал. 2014. 21(2): С. 163–181. [Ravkin Yu.S., Bogomolova I.N., Nikolayeva O.N., Zheleznova T.K. Faunal Zoning of Northern Eurasia and Classification of Terrestrial Vertebrates by Similarity of Distribution. – Contemporary Problems of Ecology. 2014. 21(2): 163–181. (in Russian).] URL: <https://www.sibran.ru/upload/iblock/9a8/9a8cc3d1d14789ba797804d6f807c317.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. Москва, 1990. 33 с. [Ravkin E.S., Chelincev N.G. Manual on count of birds on transects. Moscow, 1990: 1–33. (in Russian).] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/9149> Дата обращения: 25.11.2022.

Радченко В. Открытый курс машинного обучения. Тема 5. Композиции: бэггинг, случайный лес. – Open Data Science. 2017. [Radchenko V. Open course of machine learning. Topic 5. Compositions: bagging, random forest. – Open Data Science. 2017. (in Russian).] URL: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/324402> Дата обращения: 25.11.2022.

Республика Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы / Под ред. А.Н. Искакова, А.Р. Медеу. Алматы, 2006. 506 с. [The Republic of Kazakhstan. Vol. 1: Natural conditions and resources / A.N. Isakov, A.R. medeu (Eds.).] Алматы, 2006: 1–506. (in Russian).]

Самсонов Т.Е. Визуализация и анализ географических данных на языке R. М.: Географический факультет МГУ, 2021. [Samsonov T.E. Visualization and analysis of geographic data in the R language. Moscow: Faculty of Geography, Moscow State University, 2021.] DOI: 10.5281/zenodo.901911 URL: <https://tsamsonov.github.io/r-geo-course/spreg.html> Дата обращения: 25.11.2022.

Склярченко С.А., Катинер Т. Состояние популяций хищных птиц-падальщиков в Казахстане – Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии / Ред. А.Ф. Ковшарь, Э.А. Рустамов, О.В. Митропольский, А.С. Левин, В.А. Ковшарь. Вып. 1. Алматы: МОО-СОПК-АСБК, 2012. С. 178–185. [Sklyarenko S.L., Katzner T. The status of populations of vultures in Kazakhstan. – Ornithological News of Kazakhstan and Middle Asia / A.F. Kovshar, E.A. Rustamov, O.V. Mitropolsky, A.S. Levin, V.A. Kovshar (Eds.). Vol. 1. Almaty, 2012: 178–185. (in Russian).] URL: http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2014/12/sbornik_korelov.pdf#page=170 Дата обращения: 25.11.2022.

Склярченко С.А., Шмидт И.Н. Наблюдения за птицами Таласского Алатау в 2007 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2007. Алматы: «Tethys», 2008. С. 56–61. [Sklyarenko S.L., Schmidt I.N. Bird observations in Talas Alatau in 2007. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2007. Almaty: «Tethys», 2008: 56–61. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/523cb1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Редкие и исчезающие виды птиц. – Мониторинг биологического разнообразия заповедника Аксу-Джабаглы / Ред. А.Ф. Ковшарь. Tethys Biodiversity Research. Том. 1. Алматы: «Tethys», 2002. С. 45–47. [Chalikova E.S. Rare and endangered bird species. – Monitoring of the biological diversity of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve / A.F. Kovshar (Ed.). Tethys Biodiversity Research. Vol. 1. Almaty: «Tethys», 2002: 45–47. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/04/combinepdf-1.pdf#page=46> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Некоторые результаты экспедиции на Западный Тянь-Шань в 2003 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. – Алматы: «Tethys», 2004. С. 93–97.

[Chalikova E.S. Some results of the expedition to the Western Tien Shan in 2003 – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: «Tethys», 2004: 93–97. (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Интересные встречи птиц в заповеднике Аксу-Джабаглы в 2004 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2004. Алматы: «Tethys», 2005 а. С. 53–55. [Chalikova E.S. Interesting bird sightings in the Aksu-Dzhabagly nature reserve in 2004. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2004. Almaty: «Tethys», 2005 а: 53–55. (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/388531.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. К орнитофауне хребта Казгурт (Западный Тянь-Шань). – Selevinia. 2005 b. С. 167–169. [Chalikova E.S. To the avifauna of the Kazgurt ridge (Western Tien Shan). – Selevinia. 2005 b: 167–169. (in Russian).] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/03/selevinia_2005.pdf#page=171 Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Орнитологические наблюдения в Таласском Алатау в 2005 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006. С. 70–73. [Chalikova E.S. Ornithological observations in Talas Alatau in 2005. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: «Tethys», 2006: 70–73. (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Орнитологические наблюдения в окрестностях и в заповеднике Аксу-Джабаглы в 2006 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2006. Алматы: «Tethys», 2007. С. 115–117. [Chalikova E.S. Ornithological observations in the vicinity and in the Aksu-Dzhabagly nature reserve in 2006. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2006. Almaty: «Tethys», 2007: 115–117. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/523cb1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Орнитофауна Ирсу-Машатского участка Сайрам-Угамского национального парка. – Selevinia. 2008. С. 171–177. [Chalikova E.S. Avifauna of the Irsu-Mashat section of the Sairam-Ugam National Park. – Selevinia. 2008: 171–177. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2022/01/selevinia-2008-issn.pdf#page=172> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Из наблюдений за птицами заповедника Аксу-Джабаглы. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2008. Алматы: «Tethys», 2009. С. 85–88. [Chalikova E.S. From observations of birds of Aksu-Dzhabagly nature reserve. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2008. Almaty: «Tethys», 2009: 85–88. (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/7ecea1.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С. Орнитологическая экскурсия в Восточные Кызылкумы. – Русский орнитологический журнал. 2010. Т. 19, Экспресс-выпуск 594. С. 1575–1579. [Chalikova E.S. An ornithological excursion to Eastern Kyzyl Kum. – The Russian Journal of Ornithology. 2010. 19 (594): 1575–1579. (in Russian).] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ornitologicheskaya-ekskursiya-v-vostochnye-kyzylkumu> Дата обращения: 25.11.2022.

Чаликова Е.С., Колбинцев В.Г. К орнитофауне Каратау и Боролдайтая. – Selevinia. 2005. С. 110–116. [Chalikova E.S., Kolbintsev V.G. To fauna of birds of Karatau and Borolday. – Selevinia. 2005. С. 110–116. (in Russian).] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/03/selevinia_2005.pdf#page=114 Дата обращения: 25.11.2022.

Шапошников Л.В. О фауне и сообществах птиц Кара-тау. – Бюллетень Московского общества испытателей природы.

Отдел биологический. 1931. Т. 40, вып. 3–4. С. 237–284. [Shaposhnikov L.V. About the fauna and bird communities of Kara-tau. – Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological series. 1931. 40(3–4): 237–284. (in Russian.)] URL: http://herba.msu.ru/russian/journals/bmsn/archive/моир_1931_040_3_4.djvu Дата обращения: 25.11.2022.

Шевченко В.В. Птицы государственного заповедника Аксу-Джабагылы. – Труды заповедника Аксу-Джабагылы. Вып. 1. Алма-Ата, 1948. С. 36–70. [Shevchenko V.V. Birds of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. – Proceedings of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. Vol. 1. Alma-Ata, 1948: 36–70. (in Russian.)]

Шукуров Э.Дж., Митропольский О.В., Тальских В.Н., Жолдубаева Л.Ы., Шевченко В.В. Атлас биологического разнообразия Западного-Тянь-Шаня. Бишкек, 2005. 103 с. [Shukurov E.J., Mitropolsky O.V., Talskikh V.N., Zholdubaeva L.Y., Shevchenko V.V. Atlas of biological diversity of the Western Tien Shan. Bishkek, 2005: 1–103. (in Russian.)] URL: https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/biom/lib/book/atlas_biodiv_west_tian_shan.pdf Дата обращения: 25.11.2022.

Шульпин Л.М. Материалы по фауне птиц заповедника Аксу-Джабагылы. – Труды Института зоологии АН КазССР. 1953. Вып. 2. С. 53–79. [Shulpin L.M. Materials on the bird fauna of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. – Proceedings of the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. 1953. Vol. 2: 53–79. (in Russian.)]

Шульпин Л.М. Материалы по фауне птиц заповедника Аксу-Джабагылы. – Труды Института зоологии АН КазССР. 1956. Вып. 6. С. 158–193. [Shulpin L.M. Materials on the bird fauna of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. – Proceedings of the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. 1956. Vol. 6: 158–193. (in Russian.)]

Шульпин Л.М. Материалы по фауне птиц заповедника Аксу-Джабагылы. – Труды Института зоологии АН КазССР. 1961. Вып. 15. С. 147–160. [Shulpin L.M. Materials on the bird fauna of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. – Proceedings of the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. 1961. Vol. 15: 147–160. (in Russian.)]

Шульпин Л.М. Материалы по фауне птиц заповедника Аксу-Джабагылы (Таласский Алатау). – Труды заповедника Аксу-Джабагылы. 1965. Вып. 2. С. 160–202. [Shulpin L.M. Materials on the bird fauna of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve (Talas Alatau). – Proceedings of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. 1965. Vol. 2: 160–202. (in Russian.)]

Abebe Y.D. Mass dog poisoning operation in Addis Ababa can have severe repercussions on vulture populations. – Vulture News. 2013. 64: 74–76. URL: <https://www.ajol.info/index.php/vulnew/article/view/168910> Дата обращения: 25.11.2022.

Al Fazari M.J., McGrady M.J. Counts of Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* and other avian scavengers at Muscat's municipal landfill, Oman, November 2013 – March 2015. – Sandgrouse. 2016. 38: 99–105. URL: <https://www.researchgate.net/publication/318323337> Дата обращения: 25.11.2022.

Amatulli G., McInerney D., Sethi T., Strobl P., Domisch S. Geomorpho90m, empirical evaluation and accuracy assessment of global high-resolution geomorphometric layers. – Scientific Data. 2020. 7: 162. DOI: 10.1038/s41597-020-0479-6 URL: <https://www.nature.com/articles/s41597-020-0479-6> Дата обращения: 25.11.2022.

Angelov I., Hashim I., Oppel S. Persistent electrocution mortality of Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* over 28 years in East Africa. – Bird Conservation International. 2013. 23(1): 1–6. DOI: 10.1017/S0959270912000123 URL: <https://www.researchgate.net/publication/259431848> Дата обращения: 25.11.2022.

Angelov I., Yotsova T., Sarrouf M., McGrady M.J. Large increase of the Egyptian Vulture *Neophron percnopterus* population on Masirah island, Oman. – Sandgrouse. 2013. 35: 140–152. URL: https://osme.org/wp-content/uploads/2019/10/G-Angelov_Sandgrouse-35-2-2013.pdf Дата обращения: 25.11.2022.

Araújo M.B., Anderson R.P., Barbosa A.M., Beale C.M., Dormann C.F., Early R., Garcia R.A., Guisan A., Maioran L., Naimi B., O'Hara R.B., Zimmermann N.E., Rahbek C. Standards for distribution models in biodiversity assessments. – Science Advances. 2019. 5(1): 1–12. DOI: 10.1126/sciadv.aat4858 URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aat4858> Дата обращения: 25.11.2022.

Ashrafzadeh M.R., Naghipour A.A., Khoshnamvand H., Haidarian M., Esmaeili S. Distribution Modeling of Foraging Habitats for Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in Kermanshah Province, Iran. – Iranian Journal of Applied Ecology. 2020. 8(4): 35–51. DOI: 10.47176/ijae.8.4.10022 URL: <https://ijae.iut.ac.ir/browse.php?id=991> Дата обращения: 25.11.2022.

Auer T., Barker S., Borgmann K., Charnoky M., Childs D., Curtis J., Davies I., Downie I., Fink D., Fredericks T., Ganger J., Gerbracht J., Hanks C., Hochachka W., Iffl M., Imani J., Johnston A., Lenz T., Levatich T., Ligocki S., Long M.T., Morris W., Morrow S., Oldham L., Padilla Obregon F., Robinson O., Rodewald A., Ruiz-Gutierrez V., Strimas-Mackey M., Wolf H., Wood C. EOD – eBird Observation Dataset. Cornell Lab of Ornithology. Occurrence dataset GBIF. 2022. DOI: 10.15468/aomfmb

Badger J., Bauwens I., Casso P., Davis N., Hahmann A., Hansen S.B.K., Hansen B.O., Heathfield D., Knight O.J., Lacave O., Lizzano G., Bosch i Mas A., Mortensen N.G., Olsen B.T., Onninen M., van Loon A.P., Volker P. Global Wind Atlas version 3.0. 2021. URL: <https://gee-community-catalog.org/projects/gwa/#earth-engine-datasets> Дата обращения: 25.11.2022.

Barbet-Massin M., Jiguet F., Albert C.H., Thuiller W. Selecting pseudo-absences for species distribution models: How, where and how many? – Methods in Ecology and Evolution. 2012. 3(2): 327–338. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x> Дата обращения: 25.11.2022.

BirdLife International. *Neophron percnopterus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T22695180A205187871. 2021. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T22695180A205187871.en URL: <https://www.iucnredlist.org/species/22695180/205187871> Дата обращения: 25.11.2022.

Bohra D.L., Vyas S. A record of electrocution of Egyptian Vulture at Jorbeer, Rajasthan, India. – Zoo's Print. 2021. 36(10): 62–66. URL: <https://www.zoosprint.zooreach.org/index.php/zp/article/view/7332> Дата обращения: 25.11.2022.

Botha A.J., Andevski J., Bowden C.G.R., Gudka M., Safford R.J., Tavares J., Williams N.P. Multi-species Action Plan to Conserve African-Eurasian Vultures. CMS Raptors MOU Technical Publication No. 5. CMS Technical Series No. XX. Coordinating Unit of the CMS Raptors MOU, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2017: 1–164. URL: https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms_cop12_doc.24.1.4_annex3_vulture-msap_e.pdf Дата обращения: 25.11.2022.

Bounas A., Ganoti M., Giannakaki E., Akrivos A., Vavylis D., Zorrilla I., Saravia V. First confirmed case of lead poisoning in the endangered Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in the Balkans. – Vulture News. 2016. 70: 22–29. DOI: 10.4314/vulnew.v70i1.2 URL: <https://www.researchgate.net/publication/311403205> Дата обращения: 25.11.2022.

Brotans L., Thuiller W., Araújo M.B., Hirzel A.H. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predict-

- ing bird habitat suitability. – *Ecography*. 2004. 27(4): 437–448. DOI: 10.1111/j.0906-7590.2004.03764.x URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ddi.13491> Дата обращения: 25.11.2022.
- Brown C.F., Brumby S.P., Guzder-Williams B., Birch T., Hyde S.B., Mazzariello J., Czerwinski W., Pasquarella V.J., Haertel R., Ilyushchenko S., Schwehr K., Weisse M., Stolle F., Hanson C., Guinan O., Moore R., Tait A.M. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. – *Scientific Data*. 2022. 9: 251. DOI: 10.1038/s41597-022-01307-4 URL: <https://www.nature.com/articles/s41597-022-01307-4> Дата обращения: 25.11.2022.
- Brownlee J. Machine Learning Evaluation Metrics in R. R Machine Learning. 2016. URL: <https://machinelearningmastery.com/machine-learning-evaluation-metrics-in-r/> Дата обращения: 25.11.2022.
- Buckland S.T., Rexstad E.A., Marques T.A., Oedekoven C.S. Distance Sampling: Methods and Applications. *Methods in Statistical Ecology*. Springer, Cham, 2015: 1–278. DOI: 10.1007/978-3-319-19219-2_1 URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19219-2> Дата обращения: 25.11.2022.
- Burnham K.P., Anderson D.R. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. – *Sociological Methods & Research*. 2004. 33(2): 261–304. DOI: 10.1177/0049124104268644 URL: https://www.uvm.edu/~bmitchel/NR385/Burnham_Multimodel_inference.pdf Дата обращения: 25.11.2022.
- Carrete M., Sánchez-Zapata J.A., Benitez J.R., Lobon M., Donazar J.A. Large scale risk-assessment of wind farms on population viability of aglobally endangered long-lived raptor. – *Biological Conservation*. 2009. 142(12): 2954–2961. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.07.027 URL: <https://www.researchgate.net/publication/228466665> Дата обращения: 25.11.2022.
- Ceballos O., Donazar J.A. Roost-tree characteristics, food habits and seasonal abundance of roosting Egyptian Vultures in Northern Spain. – *Journal of Raptor Research*. 1990. 24(1): 19–25. URL: <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/jrr/v024n01-02/p00019-p00025.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.
- Crego R.D., Stabach J.A., Connette G. Implementation of species distribution models in Google Earth Engine. – *Diversity and Distributions*. 2022. 28(5): 904–916. DOI: 10.1111/ddi.13491 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ddi.13491> Дата обращения: 25.11.2022.
- Cuthbert R., Green R.E., Ranade S., Saravanan S., Pain D., Prakash V., Cunningham A.A. Rapid population declines of Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) and Red-headed Vulture (*Sarcogyps calvus*) in India. – *Animal Conservation*. 2006. 9: 349–354. DOI: 10.1111/j.1469-1795.2006.00041.x URL: <https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-1795.2006.00041.x> Дата обращения: 25.11.2022.
- Didan K. MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m SIN Grid V061. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2021. DOI: 10.5067/MODIS/MOD13A1.061. URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_061_MOD13A1 Дата обращения: 25.11.2022.
- Dinsmore S.J., Dinsmore J.J. Modeling avian nest survival in program MARK. – *Studies in Avian Biology*. 2007. 34: 73–83. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/38936513.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.
- Dobrev V., Jambon A., Yordanov E. Trail cameras – insight into the breeding phenology of the Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in the Eastern Rhodopes, Bulgaria (2011–2018). A report under action D1 of the LIFE project “Egyptian Vulture New LIFE” (LIFE16 NAT/BG/000874). BSPB, Sofia, 2019: 1–25. URL: <https://lifeneophron.eu/back2/public/files/documents/d1-report-trail-cameras-final-5e1c4c667e0b9.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.
- Dobrev V., Kafetzis A., Skartsi T., Saravia V., Bounas A., Sidiropoulos L., Oppel S., Manolopoulos A., Popgeorgiev G., Nikolov S.C. Identifying potentially dangerous electricity infrastructure to Balkan population of Egyptian Vulture and mitigation measures. Technical report under action A6 of the LIFE+ project “The Return of the Neophron” (LIFE10 NAT/BG/000152). BSPB, Sofia, 2016: 1–18. URL: <https://www.researchgate.net/publication/311705742> Дата обращения: 25.11.2022.
- Donazar J.A., Benítez J.A. La industria eólica, otra amenaza para el alimoche en el sur de Cádiz. [The wind industry, another threat to the Egyptian Vulture in the south of Cádiz] – *Quercus*. 2007. 226: 68–69.
- Donazar J.A., Ceballos O. Growth rates of nestling Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* in relation to brood size, hatching order and environmental factors. – *Ardea*. 1989. 77(2): 217–226. URL: <https://www.researchgate.net/publication/259561755> Дата обращения: 25.11.2022.
- Donazar J.A., Cortes-Avizanda A., Carrete M. Dietary shifts in two vultures after the demise of supplementary feeding stations: consequences of the EU sanitary legislation. – *European Journal of Wildlife Research*. 2010. 56(4): 613–621. DOI: 10.1007/s10344-009-0358-0 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10344-009-0358-0> Дата обращения: 25.11.2022.
- Dormann F., McPherson C.M., Araújo J.B., Bivand M., Boliger R., Carl J., Davies G.C., Hirzel R., Jetz A., Kissling W.D., Kühn W., Ohlemüller J., Peres-Neto R.R., Reineking P., Schröder B., Schurr F.M., Wilson R. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. – *Ecography*. 2007. 30(5): 609–628. DOI: 10.1111/j.2007.0906-7590.05171.x URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.2007.0906-7590.05171.x> Дата обращения: 25.11.2022.
- Elith J., Leathwick J.R., Hastie T. A working guide to boosted regression trees. – *Journal of Animal Ecology*. 2008. 77(4): 802–813. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2008.01390.x URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2656.2008.01390.x> Дата обращения: 25.11.2022.
- Evans J.S., Cushman S.A. Gradient modeling of conifer species using random forests. – *Landscape Ecology*. 2009. 24: 673–683. DOI: 10.1007/s10980-009-9341-0 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-009-9341-0> Дата обращения: 25.11.2022.
- Evans J.S., Murphy M.A., Holden Z.A., Cushman S.A. Modeling Species Distribution And Change Using Random Forest. Predictive species and habitat modeling in landscape ecology: Concepts and applications / C.A. Drew, Y.F. Wiersma, & F. Huettmann (Eds.). Springer New York, 2011: 139–159. DOI: 10.1007/978-1-4419-7390-0_8 URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-7390-0_8 Дата обращения: 25.11.2022.
- Farashi A., Alizadeh-Noughani M. Niche modelling of the potential distribution of the Egyptian Vulture *Neophron percnopterus* during summer and winter in Iran, to identify gaps in protected area coverage. – *Bird Conservation International*. 2019. 29(3): 423–436. DOI:10.1017/S0959270918000278 URL: <https://www.researchgate.net/publication/329280072> Дата обращения: 25.11.2022.
- Fawcett T. An introduction to ROC analysis. – *Pattern Recognition Letters*. 2006. 27(8): 861–874. DOI: 10.1016/j.

patrec.2005.10.010 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016786550500303X?via%3Dihub> Дата обращения: 25.11.2022.

Fick S.E., Hijmans R.J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. – International Journal of Climatology. 2017. 37(12): 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086 URL: <https://rmetsonline.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.5086> Дата обращения: 25.11.2022.

Fielding A.H., Bell J.F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. – Environmental Conservation. 1997. 24(1): 38–49. DOI: 10.1017/S0376892997000088 URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/review-of-methods-for-the-assessment-of-prediction-errors-in-conservation-presenceabsence-models/FFA0880CE-3C3591A5906B83C04727F46> Дата обращения: 25.11.2022.

Freeman E.A., Moisen G.G., Frescino T.S. Evaluating effectiveness of down-sampling for stratified designs and unbalanced prevalence in Random Forest models of tree species distributions in Nevada. – Ecological Modelling. 2012. 233: 1–10. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2012.03.007 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380012001147?via%3Dihub> Дата обращения: 25.11.2022

Galligan T.H., Amano T., Prakash V.M., Kulkarni M., Shringarpure R., Prakash N., Ranade S., Green R.E., Cuthbert R.J. Have population declines in Egyptian Vulture and Red-headed Vulture in India slowed since the 2006 ban on veterinary diclofenac? – Bird Conservation International. 2014. 24(3): 272–281. DOI: 10.1017/S0959270913000580 URL: <https://www.researchgate.net/publication/272570144> Дата обращения: 25.11.2022.

Gangoso L., Palacios C.J. Endangered Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) entangled in a power line ground-wire stabilizer. – Journal of Raptor Research. 2002. 36(3): 238–239. URL: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/228069> Дата обращения: 25.11.2022.

Gavrilov E.I., Gavrilov A.E. The birds of Kazakhstan (abridged edition). – Tethys Ornithological Research / R.V. Yashchenko, K.M. Pachikin, O.E. Lopatin, I.V. Mitrofanov, V.P. Krivenko, O.V. Belyalov (Eds.). Vol. 2. Almaty, 2005: 1–228. URL: http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/02/gavrilov_2005.djvu Дата обращения: 25.11.2022.

Griffith D.A., Peres-Neto P.R. Spatial modeling in ecology: the flexibility of eigenfunction spatial analyses. – Ecology. 2006. 87(10): 2603–2613. DOI: 10.1890/0012-9658(2006)87[2603:SMIETF]2.0.CO;2 URL: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658%282006%2987%5B2603%3ASMIETF%5D2.0.CO%3B2> Дата обращения: 25.11.2022.

Guisan A., Zimmermann N.E. Predictive habitat distribution models in ecology. – Ecological Modelling. 2000. 135(2–3): 147–186. DOI: 10.1016/S0304-3800(00)00354-9 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380000003549> Дата обращения: 25.11.2022.

Gurung S., Subedi T.R., Baral R., Pérez-García J.M., Chimire M., Baral H.S., Virani M., Buij R. Breeding Habitat and Factors Affecting the Cliff Selection by Egyptian Vultures in Central-West Nepal. – Journal of Raptor Research. (in press).

iNaturalist. iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset GBIF. 2022. DOI: 10.15468/ab3s5x

Jenness, J. Nearest features (nearfeat.avx) extension for ArcView 3.x, v. 3.8a. – Jenness Enterprises. 2004. URL: http://www.jennessent.com/arcview/nearest_features.htm Дата обращения: 25.11.2022.

Jenness, J. Random point generator (randpts.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3. Jenness Enterprises. 2005. URL: http://www.jennessent.com/arcview/random_points.htm Дата обращения: 25.11.2022.

Johnson R.A., Chawla N.V., Hellmann J.J. Species distribution modeling and prediction: a class imbalance problem. – 2012 Conference on intelligent data understanding, 24–26 October 2012. Boulder, CO, USA, 2012: 9–16. DOI: 10.1109/CIDU.2012.6382186 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6382186> Дата обращения: 25.11.2022.

Karyakin I., Kamenskiy D., Grachev E., Bekmansurov R., Vazhov S., Barashkova A., Shnayder E., Ebel A., Shtol D., Kovalenko A., Nikolenko E., Pchelintsev V., Fedorenko V., Shukov P. Raptors of the World. Version 1.11. Sibecocenter LLC. Occurrence dataset GBIF. 2020. DOI: 10.15468/fggsfn

Karyakin I., Nikolenko E., Pulikova G., Kaptyonkina A. Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in Kazakhstan. Presentation of the report on the Egyptian Vulture Online Conference, 8–9 November 2022. – Russian Raptor Research and Conservation Network. 2022. URL: <http://rrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/EV-KZ2022.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Khwarahm N.R., Ararat K., Qader S., Al-Quraishi A.M.F. Modelling habitat suitability for the breeding Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in the Kurdistan region of Iraq. – Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science. 2021. 45(5): 1519–1530. DOI: 10.1007/s40995-021-01150-z. URL: <https://eprints.soton.ac.uk/450021> Дата обращения: 25.11.2022.

Kumar C., Kaleka A.S., Thin S.K. Observations on breeding behaviour of a pair of endangered Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* (Linnaeus, 1758) over three breeding seasons in the plains of Punjab, India. – Journal of Threatened Taxa. 2020. 12(9): 16013–16020. DOI: 10.11609/jott.4539.12.9.16013-16020 URL: <https://www.researchgate.net/publication/342479232> Дата обращения: 25.11.2022.

Laake J.L. RMark: An R interface for analysis of capture-recapture data with MARK. AFSC Processed Rep. 2013-01. Seattle WA 98115, 2013: 1–25. URL: <https://www.researchgate.net/publication/267509042> Дата обращения: 25.11.2022.

Lingjun H., Levine R.A., Fan J., Beemer J., Stronach J. Random Forest as a Predictive Analytics Alternative to Regression in Institutional Research. – Practical Assessment, Research & Evaluation. 2018. 23(1): Article 1. DOI: 10.7275/1wpr-m024 URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1173275.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Liu C., White M., Newell G., Griffioen P. Species distribution modelling for conservation planning in Victoria, Australia. – Ecological Modelling. 2013. 249: 68–74. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2012.07.003 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380012003286?via%3Dihub> Дата обращения: 25.11.2022.

Martín-Martín J., Garrido J.R., Clavero S.H., Barrios V. (Eds.) Wildlife and power lines. Guidelines for preventing and mitigating wildlife mortality associated with electricity distribution networks. Gland, Switzerland: IUCN, 2022: 1–358. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2022.10.en URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2022-043-En.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Miller D.L., Rexstad E., Thomas L., Marshall L., Laake J.L. Distance Sampling in R. – Journal of Statistical Software. 2019. 89(1): 1–28. DOI: 10.18637/jss.v089.i01 URL: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v089i01> Дата обращения: 25.11.2022.

Mundy P., Butchart D., Ledger J., Piper S. The vultures of Africa. London: Academic Press, 1992: 1–460.

Muñoz Sabater J. ERA5-Land monthly averaged data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Cli-

- mate Data Store (CDS). 2019. DOI: 10.24381/cds.68d2bb30 URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land-monthly-means?tab=overview> Дата обращения: 25.11.2022.
- Nägeli M., Scherler P., Witczak S., Catitti B., Aebischer A., van Bergen V., Kormann U., Gruebler M.U. Weather and food availability additively affect reproductive output in an expanding raptor population. – *Oecologia*. 2022. 198: 125–138. DOI: 10.1007/s00442-021-05076-6 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-021-05076-6> Дата обращения: 25.11.2022.
- NASA JPL. NASADEM Merged DEM Global 1 arc second V001 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2020. DOI: 10.5067/MEaSUREs/NASADEM/NASADEM_HGT.001 URL: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_NASADEM_HGT_001 Дата обращения: 25.11.2022.
- Ogada D.L., Keesing F., Virani M.Z. Dropping dead: causes and consequences of vulture population declines worldwide. – *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2012. 1249(1): 57–71. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2011.06293.x URL: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-6632.2011.06293.x> Дата обращения: 25.11.2022.
- Panthi S., Pariyar S., Low M. Factors influencing the global distribution of the endangered Egyptian vulture. – *Scientific Reports*. 2021. 11: 21901. DOI: 10.1038/s41598-021-01504-y URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-01504-y> Дата обращения: 25.11.2022.
- Parvanov D., Stoynov E., Vangelova N., Peshev H., Grozdanov A., Delov V., Iliev Y. Vulture mortality resulting from illegal poisoning in the southern Balkan Peninsula. – *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. 25: 1706–1712. DOI: 10.1007/s11356-017-0594-x URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-0594-x> Дата обращения: 25.11.2022.
- Plaza P.I., Wiemeyer G.M., Lambertucci S.A. Veterinary pharmaceuticals as a threat to endangered taxa: Mitigation action for vulture conservation. – *Science of The Total Environment*. 2022. 817: 152884. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152884 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721079638> Дата обращения: 25.11.2022.
- R Core Team. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2022. URL: <https://www.r-project.org> Дата обращения: 25.11.2022.
- Roberts D.R., Bahn V., Ciuti S., Boyce M.S., Elith J., Guiller-Arroita G., Hauenstein S., Lahoz-Monford J.J., Schröder B., Thuiller W., Warton D.I., Wintle B.A., Hartig F., Dormann C.F. Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. – *Ecography*. 2017. 40(8): 913–929. DOI: 10.1111/ecog.02881 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ecog.02881> Дата обращения: 25.11.2022.
- Robinson O.J., Ruiz-Gutierrez V., Fink D. Correcting for bias in distribution modelling for rare species using citizen science data. – *Diversity and Distributions*. 2018. 24(4): 460–472. DOI: 10.1111/ddi.12698 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ddi.12698> Дата обращения: 25.11.2022.
- Saravia V., Kret E., Dobrev V., Nikolov S.C. Assessment of mortality causes for the Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) in Bulgaria and Greece (1997–2015). Fact sheet under action A1 of the LIFE+ project “The Return of the Neophron” (LIFE10 NAT/BG/000152). HOS, Athens, 2016: 1–6. URL: <https://www.researchgate.net/publication/311705621> Дата обращения: 25.11.2022.
- Şen B. Breeding ecology of the Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) population in Beypazari. Thesis for Master of Science in Department of Biological Sciences, Middle East Technical University, 2012: 1–66. URL: <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12615366/index.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.
- Shabani F., Kumar L., Ahmadi M. A comparison of absolute performance of different correlative and mechanistic species distribution models in an independent area. – *Ecology and Evolution*. 2016. 6(16): 5973–5986. DOI: 10.1002/ece3.2332 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ece3.2332> Дата обращения: 25.11.2022.
- Sillero N., Arenas-Castro S., Enriquez-Urzelai U., Vale C.G., Sousa-Guedes D., Martínez-Freiría F., Real R., Barbosa A.M. Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. – *Ecological Modelling*. 2021. 456: 109671. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2021.109671 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380021002301?via%3Dihub> Дата обращения: 25.11.2022.
- Sillero N., Arenas-Castro S., Enriquez-Urzelai U., Vale C.G., Sousa-Guedes D., Martínez-Freiría F., Real R., Barbosa A.M. Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. – *Ecological Modelling*. 2021. 456: 109671. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2021.109671 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380021002301?via%3Dihub> Дата обращения: 25.11.2022.
- Skyarenko S. The status of vultures in Kazakhstan. – *Raptors in the New Millennium: Proceedings of the World Conference of Birds of Prey and Owls “Raptors 2000”* (Joint meeting of Raptor Research Foundation and WWGBP) / R. Yosef, M.L. Miller, D. Pepler (Eds.). Eilat, Israel, 2002: 170–174.
- Sonter L.J., Dade M.C., Watson J.E.M., Valenta R.K. Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity. – *Nature communications*. 2020. 11: 4174. DOI: 10.1038/s41467-020-17928-5 URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17928-5> Дата обращения: 25.11.2022.
- Thomas L., Buckland S.T., Rexstad E.A., Laake J.L., Strindberg S., Hedley S.L., Bishop J.R.B., Marques T.A., Burnham K.P. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. – *Journal of Applied Ecology*. 2010. 47(1): 5–14. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x> Дата обращения: 25.11.2022.
- Tuanmu M.-N., Jetz W. A global, remote sensing-based characterization of terrestrial habitat heterogeneity for biodiversity and ecosystem modeling. – *Global Ecology and Biogeography*. 2015. 24(11): 1329–1339. DOI: 10.1111/geb.12365. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/geb.12365> Дата обращения: 25.11.2022.
- Ukolov I., Kalyakin M., Voltzit O. RU-BIRDS.RU, Birds observations database from Russia and neighboring regions. Zoological Museum of M.V. Lomonosov Moscow State University. Lomonosov Moscow State University. Occurrence dataset GBIF. 2019. DOI: 10.15468/5cix70
- United States Environmental Protection Agency. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection for Use in Developing a Quality Assurance Project Plan EPA QA/G-5S. Washington, 2002: 1–166. URL: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/g5s-final.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.
- Valavi R., Elith J., Lahoz-Monfort J.J., Guiller-Arroita G. blockCV: An R package for generating spatially or environmentally

separated folds for k-fold cross-validation of species distribution models. – *Methods in Ecology and Evolution*. 2019. 10(2): 225–232. DOI: 10.1111/2041-210X.13107 URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/2041-210X.13107> Дата обращения: 25.11.2022.

Valavi R., Elith J., Lahoz-Monfort J.J., Guillera-Aroita G. Modelling species presence-only data with random forests. – *Ecography*. 2021. 44(12): 1731–1742. DOI: 10.1111/ecog.05615 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ecog.05615> Дата обращения: 25.11.2022.

Valavi R., Guillera-Aroita G., Lahoz-Monfort J.J., Elith J. Predictive performance of presence-only species distribution models: a benchmark study with reproducible code. – *Ecological Monographs*. 2022. 92(1): e01486. DOI: 10.1002/ecm.1486 URL: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecm.1486> Дата обращения: 25.11.2022.

Velevski M., Melovski L., Ivanovski T., Rolevski D., Grubač B., Lisičanec T. Study of the threats to vultures (Aegypiinae) in Macedonia. Skopje: Macedonian Ecological Society, 2003: 1–26. URL: <http://www.mes.org.mk/PDFs/Other/2002%20Study%20on%20threats%20MES.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

de Vries H., Lemmens M. Observation.org, Nature data from around the World. Observation.org. Occurrence dataset GBIF. 2022. DOI: 10.15468/5nlie

Yordanov E., Dobrev V., Arkumarev V., Dobrev D., Nikolov S.C. Identifying hatchlings mortality in the Egyptian vulture (*Neophron percnopterus*) through the means of trail cameras. Technical report under action D1 of the LIFE project “Egyptian Vulture New LIFE” (LIFE16 NAT/BG/000874). BSPB,

Plovdiv, 2021: 1–18. URL: <https://lifeneophron.eu/back2/public/files/documents/yordanov-et-al-2021-6051e7a70e24b.pdf> Дата обращения: 25.11.2022.

Zanaga D., Van De Kerchove R., De Keersmaecker W., Souverijns N., Brockmann C., Quast R., Wevers J., Grosu A., Paccini A., Vergnaud S., Cartus O., Santoro M., Fritz S., Georgieva I., Lesiv M., Carter S., Herold M., Li Linlin, Tsendbazar N.E., Ramoino F., Arino O. ESA WorldCover 10 m 2020 v100. 2021. DOI:10.5281/zenodo.5571936 URL: <https://zenodo.org/record/5571936> Дата обращения: 25.11.2022.

Zhang C., Wang X., Chen S., Li H., Wu X., Zhang X. A Modified Random Forest Based on Kappa Measure and Binary Artificial Bee Colony Algorithm. *IEEE Access*. 2021. 9: 117679–117690. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3105796 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9516007> Дата обращения: 25.11.2022.

Zhang L., Huettmann F., Liu S., Sun P., Yu Z., Zhang X., Mi C. Classification and regression with random forests as a standard method for presence-only data SDMs: a future conservation example using China tree species. – *Ecological Informatics*. 2019. 52: 46–56. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2019.05.003 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574954119300147?via%3Dihub> Дата обращения: 25.11.2022.

Zuberogoitia I., Zabala J., Martínez J.A., Martínez J.E., Azkona A. Effect of human activities on Egyptian vulture breeding success. – *Animal Conservation*. 2008. 11(4): 313–320. DOI:10.1111/j.1469-1795.2008.00184.x URL: <https://zsl-publications.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-1795.2008.00184.x> Дата обращения: 25.11.2022.



Маршруты миграции молодых стервятников, помеченных в 2022 г. Фото И. Карякина. Результаты будут опубликованы в одном из следующих номеров. Интерактивная карта доступна по ссылке: <http://rrcn.ru/en/migration/ev-eie2022>

Migration routes of juvenile Egyptian Vultures tagged in 2022. Photos by I. Karyakin. The results will be published in one of the following issues. An interactive map is available at the link: <http://rrcn.ru/en/migration/ev-eie2022>.