

Eastern Imperial Eagle in the Moyinqum Sands, Kazakhstan**ОРЁЛ-МОГИЛЬНИК В ПЕСКАХ МОЙЫНКУМ, КАЗАХСТАН**

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

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

Sagaliyev N.A. (Biodiversity Research and Conservation Center Community Trust, State National Natural Park "Buiratau", 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., Шнайдер Е.П. (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)

Сагалиев Н.А. (Общественный фонд «Центр изучения и сохранения биоразнообразия», Республиканское государственное учреждение «Государственный национальный природный парк «Буйратау», 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 97
ikar_research@mail.ru

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

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

Олег Ширяев
тел.: +7 996 380 08 95
glego2@gmail.com

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

Резюме

Орёл-могильник (*Aquila heliaca*) – редкий гнездящийся вид Казахстана. Ранее предполагалось, что одна из крупных гнездовых группировок этого вида, причём самая юго-восточная в ареале, сосредоточена в песках Мойынкум и прилегающих полупустынных районах на юге Казахстана. По результатам исследований 2022–2023 г. мы подтвердили наличие крупной гнездовой группировки орла-могильника в Мойынкумах (было выявлено 38 занятых гнездовых участков) и смоделировали его распространение в Google Earth Engine используя метод классификации изображений – Random Forest (вероятность + регрессия). Площадь гнездопригодных для орла-могильника биотопов в Мойынкумах определена в 4971,09 км², площадь местообитаний – 55073,86 км². Численность орла-могильника на рассматриваемой территории оценена в 79–275, в среднем 150 пар. Несмотря на затяжную депрессию численности грызунов, численность орлов остаётся стабильной. Размер выводков до вылета варьировал от 1 до 3 птенцов, составив в среднем ($n=5$) $2\pm0,71$ птенца на успешное гнездо и ($n=9$) $1,11\pm1,17$ птенцов на активное гнездо, после вылета – от 1 до 2 слётков, составив в среднем ($n=4$) $1,75\pm0,5$ слётков на успешное гнездо и ($n=9$) $0,78\pm0,97$ слётков на активное гнездо. Общий успех размножения по всем проверенным гнёздам составил 44,44%, а эффективность размножения – 58,33%. Основными антропогенными угрозами гнездовой группировке орла-могильника в Мойынкумах являются консервация скважин, ведущая к ликвидации ферм и прекращению выпаса скота, а также добыча урана.

Ключевые слова: пернатые хищники, хищные птицы, орёл-могильник, *Aquila heliaca*, моделирование распространения видов, Random Forest, Google Earth Engine, Мойынкумы, Казахстан.

Поступила в редакцию: 10.05.2023 г. **Принята к публикации:** 12.08.2023 г.

Abstract

The Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) is a rare breeding species of Kazakhstan. Previously, it was assumed that one of the large nesting groups of this species, and the most southeastern one in the range, is concentrated in the Moyinqum Sands and adjacent semi-desert areas in the south of Kazakhstan. Based on the results of research in 2022–2023, we confirmed the presence of a large breeding group of the Imperial Eagle in Moyinqum (38 occupied nesting sites were identified) and modeled its distribution in Google Earth Engine using the image classification method – Random Forest (probability + regression). The area of habitats suitable for nesting for the Imperial Eagle in Moyinqum was determined to be 4971.09 km², and the area of habitats is 55073.86 km². The number of Imperial Eagle in the territory under consideration is estimated at 79–275, with an average of 150 pairs. Despite the prolonged depression in the number of rodents, the number of eagles remains stable. The size of the broods before departure varied from 1 to 3 nestlings, averaging ($n=5$) 2 ± 0.71 nestlings per successful nest and ($n=9$) 1.11 ± 1.17 nestlings per active nest, after fledged – from 1 to 2 fledglings, averaging ($n=4$) 1.75 ± 0.5 fledglings per successful nest and ($n=9$) 0.78 ± 0.97 fledglings per active nest. The overall breeding success for all studied nests was 44.44%, and the breeding efficiency was 58.33%. The main anthropogenic threats to the breeding group of the Imperial Eagle in Moyinqum are the conservation of wells, leading to the liquidation of farms and cessation of grazing, and uranium mining.

Keywords: raptors, birds of prey, Eastern Imperial Eagle, *Aquila heliaca*, species distribution models, SDM, Random Forest, Google Earth Engine, Moyinqum Sands, Kazakhstan.

Received: 10/05/2023. **Accepted:** 12/08/2023.

DOI: 10.19074/1814-8654-2023-46-46-107

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

Нурум Сағалиев
Государственный на-
циональный природный
парк «Буйратау»
101012, Казахстан
Карагандинская обл.
пос. Молодежный
ул. Абая, 13
тел.: +77054217254
sagaliyevnurum76@
gmail.com
<https://gnpp-buiratau.kz>

Алёна Каптёнкина
Институт зоологии
Министерства образо-
вания 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

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

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

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

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

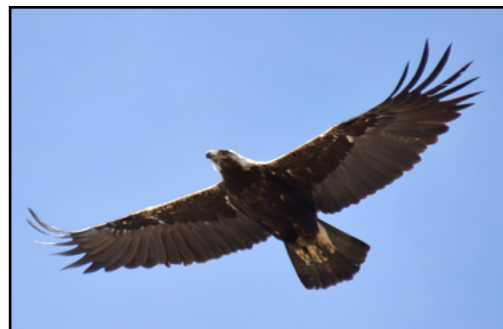
Genriyetta Pulikova
Biodiversity Research
and Conservation Center
Community Trust
Kunayev str., 12/1,
420 office, Astana,
Kazakhstan Z05H9B0
tel.: + 7 702 768 40 00
genriyetta.pulikova@
gmail.com

Введение

Орёл-могильник (*Aquila heliaca*) – редкий гнездящийся вид Казахстана, населяющий практически всю территорию страны, на юге и юго-востоке Казахстана находится на юго-восточной границе гнездового ареала (Карякин, 2020). Классифицируется МСОП как «Уязвимый» (Vulnerable) (BirdLife International, 2019). В Казахстане этот вид внесён в Красную Книгу Республики как «Редкий вид, численность которого сокращается» (III категория) (Пфеффер, 2010).

Мировая популяция орла-могильника по состоянию на 2016 г. оценивалась в 2,5–9,9 тыс. взрослых особей (BirdLife International, 2019), но современная оценка численности мировой популяции составляет 8099–9981 гнездящихся пар, из которых в Казахстане гнездится 3420–4260 пар или 42,2–42,7% от мировой популяции (Карякин, 2020).

М.А. Мензбир (1895) проводил гнездовой ареал орла-могильника широкой полосой по предгорьям Тянь-Шаня, а отчасти и по горам, захватывая цепь Каратау и саксаульники Сырдарьинской области. М.Н. Корелов (1962) отмечал, что вид обычен в низовьях Чу и в области зачуйских саксаульников, в пустыне у западной оконечности Каратау встречался в гнездовой период «в довольно большом количестве», но при этом отсутствовал в Мойынкумах. Далее на восток орёл-могильник был довольно многочислен в долине р. Или, в её среднем течении как минимум до середины XX века (Зарудный, Кореев, 1905; Шестоперов, 1929; Шнитников, 1949). В конце XX – начале XXI веков орёл-могильник севернее Тянь-Шаня сохранился на гнездовании только по пустынно-степным окраинам низкогорных участков – Чу-Илийского и Каратауского (Ковшарь, 2019). Сделано предположение, что орлы-могильники, гнездящиеся в песках Мойынкум, формируют юго-восточный край Бетпакдалинской гнездовой группировки Пустынной популяции этого вида (Карякин, 2020). Здесь орёл-могильник найден на гнездовании в 80–90-х гг. XX столетия в долинах рек Талас, Чу и в самих песках Мойынкум (Ковшарь, 1986; Путятин, 1986; Ковшарь и др., 2004; Карпов, Панов, 2008; Хроков, 2011; Губин, 2018). Однако всё это были случайные находки, а детали распространения и численности оставались не известны. Поэтому в 2022 г. было принято решение закрыть этот пробел и провести целевые учёты этого вида на южной кромке песков и смоделировать его распространение, а



Орёл-могильник (*Aquila heliaca*).
Фото И. Карякина.

Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*).
Photo by I. Karyakin.

Introduction

Eastern Imperial Eagle (EIE, *Aquila heliaca*) is a rare breeding species in Kazakhstan, widespread across most of the country. Its population in the south and southeast of Kazakhstan is located at the southeastern border of the breeding range (Karyakin, 2020). It is classified by IUCN as “Vulnerable” (BirdLife International, 2019). In Kazakhstan, this species is included in the Red Data Book of the Republic of Kazakhstan as “Rare species declining in number” (3rd category) (Pfeffer, 2010).

Global EIE population was estimated at 2.5–9.9 adult individuals in 2016 (BirdLife International, 2019), but most recent estimate is 8099–9981 breeding pairs, of which 3420–4260 pairs or 42.2–42.7% of the global population breed in Kazakhstan (Karyakin, 2020).

M.A. Menzbier (1895) painted EIE breeding range as a large stripe on the foothills of Tian Shan and in part over the mountains, covering the Karatau ridge and saxaul forests of the Syr Darya region. M.N. Korelov (1962) noted that the species was common in the lower reaches of Chu River and near Zachu saxaul forests, in a desert near the western Karatau was encountered “in a fairly high numbers”, at the same time being absent in Moynqum desert. Further east EIE was rather numerous in Ili River valley, in its middle reaches, until the middle of the 20th century at the very least (Zarudny, Koreev, 1905; Shestoperov, 1929; Shnitnikov, 1949). In the end of the 20th century – the beginning of the 21st century EIE continued breeding to the north of Tian Shan on desert-steppe edges of low mountainous areas only – Chu-Ili and Karatau (Kovshar, 2019). It was suggested that EIEs breeding in Moynqum desert form the southeastern edge of the desert population of Betpak-Dala breeding group (Karyakin, 2020). Here, EIE

Nurum Sagaliev
State National Natural
Park "Buiratau"
Abaya str., 13
Molodezhnyi vil.
Karaganda reg.
Kazakhstan, 101012
tel.: +77054217254
sagaliyevnurum76@
gmail.com
<https://gnpp-buiratau.kz>

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

также обобщить всю опубликованную информацию по орлу-могильнику на данной территории. Результаты этой работы представлены ниже.

Природные особенности исследуемой территории

Согласно физико-географическому районированию изучаемая территория относится к Прибалхашской провинции, подзоне типичной (средней) пустыни, зоне пустынь умеренного пояса (Милюков, 1977; Гвоздецкий, Михайлов, 1978).

В юго-западной части территория представляет собой предгорную наклонную аккумулятивную равнину, примыкающую с северо-запада к хребту Каратау. Рельеф в предгорной части представлен чередованием возвышенностей и речных долин, вытянутых в северном и северо-восточном направлениях. Небольшие реки, стекающие с гор Каратау, теряются в рыхлых отложениях предгорной равнины. Севернее, где влияние речной сети почти не сказывается, рельеф представлен равниной с незначительным уклоном.

К северу от Каратау на водоразделе рек Чу и Талас лежат пески Мойынкум. Хребет Каратау замыкает бассейны обеих рек с юго-запада. Реки имеют смежные бассейны, текут преимущественно в северо-западном направлении и теряются в низменности. Чу оканчивается в разливах внутриконтинентальной дельты, а р. Талас, являющаяся левобережным притоком р. Чу, в настоящее время не достигает главной реки, так как разбирается на орошение (Цыценко, Сумарокова, 1990). На территории Казахстанской части бассейна р. Талас общий фонд освоенных земель регулярного орошения составляет около 63 тыс. га, лиманного орошения – 13 тыс. га (Мустафаев и др., 2017). Для изучаемой территории характерно многообразие форм речной сети: постоянные водотоки, пересыхающие реки-саи, сухие русла аллювиальных равнин, водные объекты искусственного происхождения (каналы), приобретшие черты естественных водотоков. Чуйская и Таласская долины – обширные равнинные пространства в пределах Чу-Сарысуйской депрессии сформированные в процессе эрозионно-аккумулятивной деятельности рек. На междуречье Чу-Талас поверхность аллювиальной равнины осложнена эоловыми формами (в песках Мойынкум). Здесь рельеф грядовый и бугристо-грядовый. Пески обычно закреплённые, на высоких террасах местами перебеваемые (Цыцен-

was found breeding in 1980s–1990s in Talas and Chu River valleys and in Moynqum desert itself (Kovshar, 1986; Putyatin, 1986; Kovshar *et al.*, 2004; Karpov, Panov, 2008; Khrokov, 2011; Gubin, 2018). However, these were random findings, and distribution details and population remained unknown. This is why the decision was made in 2022 to fill this gap by conveying targeted research of this species on the southern edge of the desert and modeling its distribution, as well as summarizing all published data on the EIE in the area. Results are presented below.

Natural features of the study area

According to the physiogeographical zoning, the study area belongs to the Balkhash province, a subzone of a typical (middle) desert, a zone of temperate deserts (Milkov, 1977; Gvozdetsky, Mikhailov, 1978).

In its southwestern part there is a foothill sloping accumulative plain adjacent to the Karatau ridge from the northwest. Relief in the foothill part is represented by an alternation of hills and river valleys, elongated in the northern and northeastern directions. Small rivers flowing from the Karatau mountains are lost in the loose sediments of the foothill plain. To the north, where the influence of the river system is close to negligent, relief is represented by a slightly sloped plain.

Moynqum desert lies to the north of the Karatau, on the watershed of Chu and Talas rivers. Basin of both rivers is closed by the Karatau ridge from the southwest. Rivers have adjacent basins, flow predominantly in the northwestern direction and disappear in lowland. The Chu River ends in the floods of the inland delta, and the Talas River, which is Chu's left-bank tributary, currently does not reach it, as it is fully used for irrigation (Tsytsenko, Sumarokova, 1990). In the Talas River basin are that is located in Kazakhstan, the total fund of developed lands under regular irrigation in about 63 thousand hectares, estuary irrigation – 13 thousand hectares (Mustafaev *et al.*, 2017). Study area contains various forms of the river network: permanent watercourses, drying up rivers, dry beds of alluvial plains, water bodies of artificial origin (canals) that have acquired the features of natural watercourses. Chu and Talas River valleys are vast flat areas within the Chu-Sarysu depression, formed by erosion-accumulation processes. In the Chu-Talas interfluvium, the surface of the alluvial plain is complicated by eolian forms (in the Moynqum desert). Here the relief is ridged and hilly-ridged. Sands are usually stable, with wind-blown sands occur-

ко, Сумарокова, 1990). В пределах песчаного массива водотоки отсутствуют.

Территория расположена в зоне резко континентального климата. Характерная особенность климата – обилие инсоляции и тепловых ресурсов. Лето знойное, продолжительное и исключительно сухое. Зима короткая, с частыми оттепелями, снежный покров мал и неустойчив. Средняя годовая температура воздуха изменяется от 8 до 9°C, повышаясь при продвижении с севера на юг. Годовое количество осадков в равнинной части области составляет лишь 130–250 мм, в предгорьях 400–700 мм и более. Однако осадки неустойчивы, и в отдельные годы количество их колеблется в больших пределах. Наибольшее количество осадков выпадает в марте и апреле, наименьшее (5–7%) – летом. Первая половина осени сухая. Зимне-весенние осадки составляют 70–80% от годовых. Преобладают северные, северо-восточные ветры. Средние годовые скорости их колеблются в пределах 1,9–3,9 м/с.

Согласно принятому в Казахстане ботанико-географическому районированию, территория района исследований расположена в Центрально-Северной Туранской подпровинции, Северной Туранской провинции, Ирано-Туранской подобласти, Сахаро-Гобийской пустынной области (Республика Казахстан..., 2006; Национальный атлас..., 2010). В песках Мойынкум растут полынь (*Artemisia* sp.), терескен (*Krascheninnikovia* sp.) и кустарники (джузгун *Calligonum* sp. и пр.), белый саксаул (*Haloxylon persicum*), злаки, солянки (Гвоздецкий, Михайлов, 1978). В речных долинах встречаются густые тугайные заросли, где растут камыш (*Scirpus* sp.), тростник (*Phragmites* sp.), чингил (*Halimodendron halodendron*), ива (*Salix* sp.), лох (*Elaeagnus* sp.) и тamarиск (*Tamarix* sp.).

Согласно биогеографическому районированию, основанному на позвоночных животных, рассматриваемая территория лежит в Туранской пустынной провинции (Кучерук, 2006), а по зоогеографическому районированию Северной Евразии по фауне наземных позвоночных – входит в Приаральскую провинцию Пустынно-степной подобласти Пустынно-степного региона (Равкин и др., 2014).

С 2017 по 2023 гг. в Мойынкумах, как и на всём юге Казахстана, наблюдалась затяжная депрессия численности большой песчанки (*Rhombomys opimus*) и жёлтого суслика (*Spermophilus fulvus*), что негативно отразилось на размножении хищных

ring on high terraces (Tsytzenko, Sumarokova, 1990). There are no watercourses within the sandy massif.

Study area is located in a sharply continental climate zone. A characteristic feature of the climate is the abundance of insolation and thermal resources. Summers are hot, long, and extremely dry. Winters are short, with frequent thaws, and the snow cover is low and unstable. The average annual air temperature varies from 8 to 9°C, increasing from north to south. The annual precipitation in the flat part of the area is only 130–250, reaches 400–700 or more in the foothills. However, precipitation is unreliable, and in some years their levels fluctuate widely. The greatest precipitation falls in March and April, the least (5–7%) – in summer. The first half of autumn is dry. Winter-spring precipitation is 70–80% of annual precipitation. Northern and northeastern winds predominate with average annual speeds ranging between 1.9–3.9 m/s.

According to the botanico-geographical zoning adopted in Kazakhstan, the study area is located in the Central-Northern Turanian subprovince, Northern Turanian province, Iran-Turanian subregion, Sahara-Gobi desert region (Republic of Kazakhstan..., 2006; National Atlas..., 2010). Wormwood (*Artemisia* sp.), Krascheninnikovia (*Krascheninnikovia* sp.) and shrubs (*Calligonum* sp., etc.), White Saxaul (*Haloxylon persicum*), grasses, *Salsola* grow in the Moynqum desert (Gvozdetsky, Mikhailov, 1978). Dense riparian forests with *Scirpus* sp., common reed (*Phragmites* sp.), common salt tree (*Halimodendron halodendron*), willows (*Salix* sp.), silverberry (*Elaeagnus* sp.) and tamarisk (*Tamarix* sp.) grow in river valleys.



Самка орла-могильника с птенцами в гнезде.
Фото И. Карякина.

Female of the Eastern Imperial Eagle with nestlings
in the nest. Photo by I. Karyakin.

животных (рептилий, птиц и млекопитающих), включая орла-могильника. Однако пески, в отличие от гор Каратау и глинистой пустыни, оказались в меньшей степени затронуты депрессий за счёт сохранения изолированных колоний грызунов вокруг ферм, разбросанных по песчаному массиву. В 2022 г. численность обоих видов грызунов стала восстанавливаться, однако даже к середине лета 2022 г и в 2023 г. не достигла каких-либо приемлемых показателей – колонии оставались случайно распределёнными по массиву без каких-либо видимых закономерностей и насчитывали не более нескольких десятков жилых нор.

Методика исследований

Полевые исследования проводились 22 апреля – 21 мая, 3–31 июля, 15 сентября – 7 октября 2022 г. и 8–12, 20–30 апреля 2023 г. в соответствии с методическими рекомендациями по изучению соколообразных и совообразных (Карякин, 2004) и были ориентированы на выявление гнездовых участков орла-могильника и их учёт на площадках с дальнейшим расчётом численности вида на площадь гнездопригодных биотопов и местообитаний.

Для работы по проекту в 2022 г. были сформированы две исследовательские группы, а в 2023 г. – одна. Группы передвигались на автомобилях повышенной проходимости (УАЗ Патриот, Toyota Prado и Toyota FJ Cruiser). Общая протяжённость автомаршрутов составила 5810,8 км, в том числе 2344,64 км – в апреле–мае 2022 г., 2219,16 км – в июле 2022 г., и 1247,0 км – в апреле 2023 г. (рис. 1). Группы передвигались вдоль пригодных для гнездования

According to the biogeographical zoning based on vertebrates, the study area lies in the Turan Desert Province (Kucheruk, 2006). According to the zoogeographical zoning of Northern Eurasia based on the fauna of terrestrial vertebrates, it is included in the Aral Sea province of the Desert-steppe subregion of the Desert-steppe region (Ravkin *et al.*, 2014).

Since 2017, an ongoing depression in the number of Great Gerbil (*Rhombomys opimus*) and Yellow ground squirrel (*Spermophilus fulvus*) has been noted in Moynqum desert, as well as throughout the south of Kazakhstan. It negatively impacted reproduction of predatory animals (reptiles, birds, and mammals), including the EIE. However, sandy deserts, unlike the Karatau Mountains and clay desert, were less affected by the depression, as isolated colonies of rodents concentrated around farms scattered across the sandy massif were preserved. In 2022, populations of both species have begun to recover, but even by mid-summer of 2022 and in 2023 they have not reached reasonable levels, as colonies remained randomly distributed throughout the massif without particular pattern and numbered no more than a few dozen occupied burrows.

Research methods

Field research had been conducted on April 22 – May 21, July 3–31, September 15 – October 7 in 2022, and April 8–12, 20–30 in 2023 in accordance with the methodological recommendations for the study of falcons and owls (Karyakin, 2004). It focused on identifying EIE breeding territories and counting them on plots with a subsequent calculation of the species' abundance per area of breeding biotopes and suitable habitats.

Two research groups were formed in 2022 to work on the project, and one – in 2023. Groups traveled in off-road vehicles (UAZ Patriot, Toyota Prado, and Toyota FJ Cruiser). The total routes length was 5810.8 km, including 2344.64 km in April–May 2022, 2219.16 km in July 2022, and 1247.0 km in April 2023 (Fig. 1). Groups traveled along artificial forests,

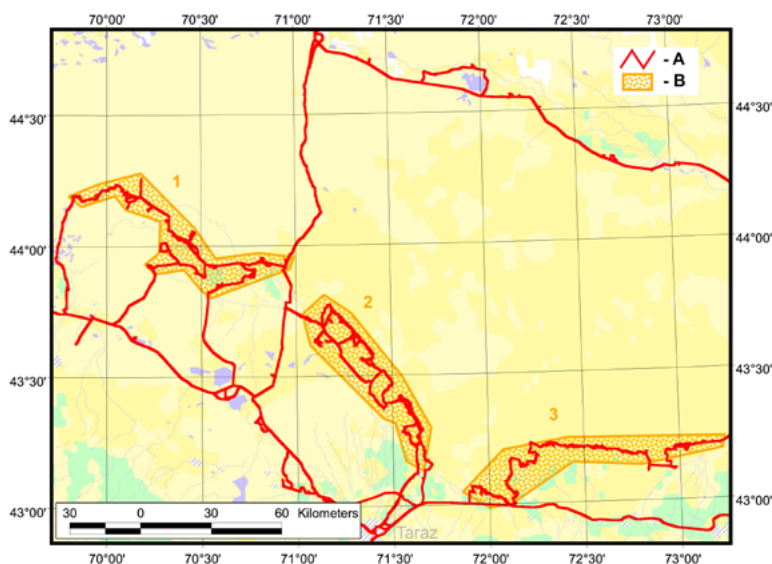


Рис. 1. Маршруты (А) и площадки (В) в 2022–2023 гг. Обозначения площадок соответствуют таковым в табл. 1.

Fig. 1. Field research routes (A) and surveyed plots (B) in 2022–2023. Plots designations correspond to those in Table. 1.

орлов искусственных лесонасаждений, высоковольтных ЛЭП и через участки саксауловых лесов на бугристых песках. Исследователи осматривали местность в бинокли с целью обнаружения птиц или их гнёзд. Бугристые пески также осматривались с наиболее высоких барханов по 15–30 минут.

Координаты мест обнаружения птиц и их гнёзд определялись с помощью GPS/ГЛОНАС-навигаторов или в программе LocusMap⁴¹ на смартфонах. Информация о найденных птицах и гнёздах заносилась в ведомости учёта по установленной форме и далее переносилась в раздел «Пернатые хищники Мира»⁴² веб-ГИС «Фаунистика» Российской сети изучения и охраны пернатых хищников, откуда выведен датасет в формате шейп-файла для дальнейшей обработки в ГИС.

Гнездовая территория считалась занятой орлами, если наблюдалось присутствие пары птиц с гнездовым поведением (копуляция в гнездопригодном биотопе, приносы добычи или строительного материала в одно и то же место, защита территории). Гнёзда считались активными, если в них наблюдались насиживающие птицы, птенцы, яйца или остатки яичной скорлупы или птенцового пуха. Успешными считались гнёзда, из которых успешно вылетел хотя бы 1 птенец. Но так как не все гнёзда удавалось 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 ту, на которой обнаружено старое гнездо без признаков посещения птицами и в ближайших окрестностях старого гнезда птицы не встречены.

При каждом посещении гнёзд с птенцами мы подсчитывали их число в выводках, для определения таких важных популяционных показателей, как успешность и эффективность размножения. Успешность размножения рассчитывалась как доля успешных гнёзд от числа занятых через 1 месяц после вылета птенцов. Эффективность размножения рассчитывалась как доля вылетевших птенцов от числа отложенных яиц.

На рассматриваемой территории в бассейне р. Талас были заложены 3 учётные площадки общей площадью 4153,1 км² (1368,0, 1401,8 и 1383,3 км²) (рис. 1). Вну-

high-voltage power lines, and areas of saxaul forests on hilly sands, which are suitable for EIE breeding. Researchers examined the area with binoculars to locate birds or their nests. Hilly sands were examined from the highest dunes for 15–30 minutes.

Coordinates of locations where birds and their nests were discovered were determined using GPS/GLONASS navigators or the LocusMap⁴¹ smartphone application. Information about birds and nests was added to the record sheets using the established form and then transferred to the “Raptors of the World”⁴² section of the web GIS “Faunistics” of the Russian Raptor Research and Conservation Network, which allowed to extract the dataset in shapefile format for further processing in GIS.

Breeding territory was considered occupied if the presence of EIE pair exhibiting breeding behavior was recorded (copulation in a suitable habitat, bringing prey or building materials to the same place, defending the territory). Nests were considered active if brooding birds, nestlings, eggs, or eggshells and nestling down were observed in them. Nests were considered successful if at least one fledgling left them. But since some nests were not checked at the end of the breeding season, in a number of analyzes we operate with a term “nest that was successful upon the check”, which is a nest with at least one alive nestling at the time of the study. Breeding territory was considered abandoned if an old nests without signs of birds visiting it were found there, and no birds were encountered.

We counted the number of nestlings in broods upon each visit to active nests to determine such important population indicators as the breeding success and efficiency. Overall breeding success was calculated as the proportion of successful nests one month after nestlings fledged out of the number of occupied nests. Breeding efficiency was calculated as the proportion of nestlings fledged to the number of eggs laid.

Three survey plots were established in the study area in Talas River basin, with a total area of 4153.1 km² (1368.0, 1401.8, and 1383.3 km²) (Fig. 1). Areas of breeding biotopes and suitable habitats were determined within the plots using GIS modeling.

Modeling of habitat suitability for the species was carried out similar to that for the Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) (Karyakin *et al.*, 2022a) and Saker Falcon (*Falco cherrug*) (Karyakin *et al.*, 2022b), using scripts of our

⁴¹ <http://www.locusmap.app>

⁴² <http://rrrcn.wildlifemonitoring.ru>

Гнездовой участок орла-могильника со старым и активным гнёздами на юго-восточной кромке песков Мойынкум в пескоукрепительной лесопосадке.

Фото Е. Шнайдер.

Breeding territory of the Eastern Imperial Eagle with old and active nests on the south-eastern edge of the Moyinqum Sands in the artificial forest.

Photo by E. Schnayder.



три площадок были определены площади гнездопригодных биотопов и местообитаний орла-могильника путём моделирования в ГИС.

Моделирование пригодности среды обитания вида проводилось по аналогии с работой по стервятнику (*Neophron percnopterus*) (Карякин и др., 2022а) и балобану (*Falco cherrug*) (Карякин и др., 2022b) с помощью скриптов собственной разработки, размещённых на портале Altai Project⁴³.

Мы создали экстенд, внутри которого осуществлялось моделирование и для которого строилась карта гнездопригодных биотопов и местообитаний орла-могильника. Крайние координаты экстенда: 1 – N 45.3229 E 66.88665, 2 – N 44.91413 E 73.34324, 3 – N 43.63234 E 74.14032, 4 – N 42.93204 E 73.23944, 5 – N 42.98321 E 70.71037, 6 – N 44.90139 E 66.86307.

Для классификации изображений с целью выделения гнездопригодных биотопов сначала мы использовали 21 гнездо орлов-могильников, информация о которых была собрана до 2022 г. включительно. Эти гнёзда были сосредоточены преимущественно по южной кромке Мойынкумов в бассейне р. Талас и найдены в 2022 г. Также мы привлекли данные из датасетов за предыдущие годы, преимущественно для долины р. Чу.

Для описания признаков гнездопригодных биотопов были использованы 69 объясняющих переменных, 38 из которых извлечены из 7 неклассифицированных спутниковых каналов, 30 – получены из продуктов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ): NASADEM (NASA JPL, 2020), Geomorpho90m (Amatulli et al., 2020), Global Habitat Heterogeneity (Tuanmu, Jetz,

own development on the Altai Project⁴³ portal. We created an extent within which modeling was carried out and for which a map of EIE breeding biotopes and suitable habitats was developed. Extreme extent coordinates: 1 – N 45.3229 E 66.88665, 2 – N 44.91413 E 73.34324, 3 – N 43.63234 E 74.14032, 4 – N 42.93204 E 73.23944, 5 – N 42.98321 E 70.71037, 6 – N 44.90139 E 66.86307. To classify images for further identification of suitable habitats, we first used 21 EIE nests identified in up to 2022. These nests were mainly located along the southern edge of the Moyinqum desert in Talas River basin in 2022. We also incorporated data from datasets for previous years, mainly for the Chu River valley.

To describe the characteristics of suitable habitats, 69 explanatory variables were used, 38 of which were extracted from seven unclassified satellite channels, 30 were obtained from Earth remote sensing products: NASADEM (NASA JPL, 2020), Geomorpho90m (Amatulli et al., 2020), Global Habitat Heterogeneity (Tuanmu, Jetz, 2015), ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga et al., 2021) (Appendix 1⁴⁴), and one variable was obtained by measuring distances to the nearest farms.

Out of the unclassified satellite data, we used the Landsat 8 atmosphere-corrected surface reflectivity (SR) collection 2 and the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) L-band synthetic aperture array (SAR) HH and HV polarization datasets, adhering to published recommendations (Crego et al., 2022).

We began by uploading and filtering Landsat 8 SR to only keep images from May – August of 2018–2021 and obtain clear mosaic for the entire study area. For each image we masked the bad quality pixels by clouds and their shadows and saturated pixels, and rescaled pixel values with corresponding co-

⁴³ <http://www.gis.altaiproject.org>

2015), ESA WorldCover 10m v100 (Zanaga *et al.*, 2021) (Приложение 1⁴⁴), и 1 переменная получена путём измерения дистанций до ближайших ферм.

Из неклассифицированных спутниковых данных мы использовали коллекцию 2 отражательной способности поверхности (SR) Landsat 8 с поправкой на атмосферу и усовершенствованный спутник наблюдения за сушей (ALOS) с фазированной антенной решеткой L-диапазона с синтезированной апертурой (SAR) наборы данных поляризации HH и HV, в соответствии с опубликованными рекомендациями (Crego *et al.*, 2022).

Сначала мы загрузили и отфильтровали Landsat 8 SR, чтобы сохранить только изображения с мая по август за 2018–2021 гг. и получить безоблачную мозаику для всей исследуемой территории. Для каждого изображения мы замаскировали пиксели плохого качества облаками, тенями облаков и насыщенными пикселями, а также перемасштабировали значения пикселей с соответствующими коэффициентами масштабирования, используя предопределенную функцию маски, доступную в GEE (maskL8sr). Для анализа были выбраны синий, красный, зеленый, ближний инфракрасный и коротковолновый инфракрасный диапазоны (пространственное разрешение 30 м). Для каждого изображения мы также рассчитали NDVI, используя функцию, доступную в GEE (normalizedDifference). Далее мы создали мозаику всей исследуемой территории, рассчитав медианное значение по всему временному ряду для каждого пикселя во всех диапазонах изображений Landsat 8.

Затем мы объединили все переменные-предикторы в одно многоканальное изображение.

Пространственное разрешение для результирующих растров было задано 50 м.

Все измерения проводились в ArcView GIS 3.3 ESRI в проекции Orthographic (Datum: WGS 84, Spheroid: Sphere, Central Meridian: 70, Reference Latitude: 45).

На начальном этапе, чтобы подобрать переменные для моделирования, мы сравнили с помощью *t*-критерия средние значения этих переменных для 21 гнезда орла-могильника и 21 случайной точки. Система случайных точек была создана с использованием расширения Random point generator (Jenness, 2005). Переменные были проверены на статистическую

эффективности с помощью предопределенной функции, доступной в GEE (maskL8sr). Blue, red, green, near-infrared and short-wave infrared ranges (spatial resolution 30 m) were selected for the analysis. We also calculated NDVI for each image using the GEE function (normalizedDifference). Next, we created a mosaic of the entire study area by calculating the median value across the entire time series for each pixel across all Landsat 8 images.

We then combined all predictor variables into one multi-channel image.

The spatial resolution for the resulting rasters was set to 50 m.

All measurements were carried out in ArcView GIS 3.3 ESRI in Orthographic projection (Datum: WGS 84, Spheroid: Sphere, Central Meridian: 70, Reference Latitude: 45).

As a starting point, we selected variables for modeling by comparing the means of these variables for 21 EIE nests and 21 random points using a *t*-test. The random point system was created using the Random point generator extension (Jenness, 2005). Variables were tested for statistical normality using the Lilliefors test.

Having examined the interlinkages between variables using the Spearman correlation (*r*), we discarded the least significant variables for the base model, the correlation coefficient (*r*) in pairs of which was >0.75 , to get rid of multicollinearity. As a result, we formed sets for 16 models for analysis, differing in the representation of correlated and important variables according to the *t*-test data.

To test the model's predicted values against the geographic distance between locations and exclude spatial autocorrelation, we used the Moran's test (R-function "moran.test" in the "spdep" package) (Griffith, Peres-Neto, 2006; Dormann *et al.*, 2007). Moran's test results were visualized in accordance with the recommendations of T.E. Samsonov (2021).

Random Forest, a method widely used for modeling the species distribution lately, was used for image classification (Zhang *et al.*, 2019). We used probability and regression features.

In accordance with the recommendations (Brotons *et al.*, 2004), we prepared datasets of the EIE absence, and together with the data on its presence (nests locations) imported into the Google Earth Engine (GEE) using a self-developed script on Altai Project⁴³ portal. A set of Earth remote sensing data rasters was selected and classified through GEE according to a pre-

⁴⁴ <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2023/05/App1-Variables-AH.xls>



Орёл-могильник на гнезде. Фото Е. Шнайдер.

Eastern Imperial Eagle in the nest. Photo by E. Shnayder.

нормальность с использованием критерия Лиллиефорса.

Изучив взаимосвязи переменных с помощью коэффициента корреляции Спирмена (r), чтобы избавиться от мультиколлинеарности, мы отбросили наименее значимые переменные для базовой модели, коэффициент (r) корреляции в парах которых был $>0,75$. В итоге для анализа мы сформировали наборы для 16 моделей, отличающихся представленностью в них коррелирующих и важных по данным t -критерия переменных.

Для проверки предсказанных значений модели от географического расстояния между локациями и исключения пространственной автокорреляции был использован тест Морана (R -функция «*moran.test*» в пакете «*spdep*») (Griffith, Peres-Neto, 2006; Dormann *et al.*, 2007). Визуализация результатов теста Морана 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). Мы применяли варианты вероятность и регрессия.

В соответствии с рекомендациями (Brotons *et al.*, 2004) были подготовлены наборы данных отсутствия орла-могильника и вместе с данными об их присутствии (точки гнёзд), импортированы в Google Earth Engine (GEE), с помощью скрипта собственной разработки на портале Altai Project⁴³. 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).

Мы разделили данные о местоположении гнёзд орлов-могильников на наборы

viously proposed species distribution model fitting workflow algorithm (Crego *et al.*, 2022).

We divided EIE nest locations data into training (80%) and testing (20%) sets and implemented a spatial block cross-validation method to separate the model training and testing data (Roberts *et al.*, 2017; Valavi *et al.*, 2019; Crego *et al.*, 2022). During the analysis, 20 iterations were executed with random blocks division. We then fit the Random Forest model to each individual training dataset and:

- 1) averaged model outputs to calculate average EIE habitat suitability over 20 iterations;
- 2) selected the best cross-validation models to determine the EIE habitat suitability.

For each variant we produced a final raster, in some cases averaging the probability and regression results.

Model accuracy was assessed by testing each model selection iteration using AUC-ROC (Fielding and Bell, 1997; Fawcett, 2006) controlled by R^2 and Kappa (Brownlee, 2016; Zhang *et al.*, 2021). The best model was selected based on AUC-ROC and Kappa indicators.

A map of biotopes suitable for EIE was created in GEE and exported in Geotiff format as a raster with pixels ranked by presence probability. The raster was converted to vector in ArcView into shapefile format. Pixels with a probability of the species presence of more than 50 and 75% were considered as suitable habitats.

The map of EIE breeding biotopes and suitable habitats created as described above showed that our research efforts in 2022 lay beyond the probable optimum for EIE breeding in Moyinqum. The map of breeding biotopes and habitats of the EIE created in the manner described above showed that our research efforts in 2022 were held outside the probable optimum of the EIE breeding habitats in Moyinqum. To confirm the breeding of the EIE in the areas identified during the modeling process on the south-eastern edge of the Moyinqum Sands, an expedition took place in April 2023, during which another 34 nests of EIEs were found in 26 breeding territories, which were included in the final species distribution modeling of the EIE. Thus, to classify images to ultimately identify breeding biotopes of the EIE, we used 55 points of presence of the species (53 nests and 2 points of registration of territorial birds) in 43 breeding territories, repeating the entire modeling algo-

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 20 итераций со случайным разделением блоков. Затем мы подогнали модель Random Forest к каждому отдельному обучающему набору данных и:

- 1) усреднили выходные данные модели, чтобы рассчитать среднюю пригодность среды обитания орла-могильника для 20 итераций;

- 2) выбрали лучшие по кроссвалидации модели для определения пригодности среды обитания орла-могильника.

Для лучших вариантов мы вывели итоговые растры.

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 Кappa (Brownlee, 2016; Zhang *et al.*, 2021). В качестве итоговой были выбраны 2 лучшие модели по показателям AUC-ROC и Кappa, результаты которых для вывода итогового растра были усреднены.

В результате операции в GEE была построена карта гнездопригодных для орла-могильника биотопов, которая в виде растра 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 и 75%.

Созданная вышеописанным образом карта гнездопригодных биотопов и местобитаний могильника показала, что наши исследовательские усилия 2022 г. лежали за пределами вероятного оптимума гнездования могильника в Мойынкумах. С целью подтверждения гнездования орла-могильника в выделенных в процессе моделирования участках на юго-восточной кромке песков Мойынкумы в апреле 2023 г. состоялась экспедиция, в ходе которой было обнаружено ещё 34 гнезда орлов-могильников на 26 гнездовых участках, которые были включены в итоговое моделирование распространения вида. Таким образом, для классификации изображений с целью итогового выделения гнездопригодных биотопов орла-могильника мы использовали 55 точек присутствия вида (53 гнезда и 2 точки регистрации территориальных птиц) на 43 гнездовых участках, повторив весь алгоритм

рhythm, starting with the selection of explanatory variables (Appendix 1⁴⁴) and ending with map construction in GEE.

Based on a map of biotopes suitable for the breeding of EIE, we created a habitat map. To do this, buffers with a radius equal to half the average distance between nearest neighbors were built around pixels with a probability of species presence of more than 75%.

We extrapolated the number of EIE using our scripts on the Altai Project⁴³ portal using two methods:

- 1 – Direct recalculation of the weighted average density index from plots to the area of habitats (Karyakin, 2004) with the calculation of an asymmetric confidence interval (Ravkin, Chelintsev, 1990);

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

The idea of the RPG algorithm was as follows: random points were sequentially generated so that the distance from the new point to all previous ones was within a given interval. The distance interval was determined by the distances between active (occupied) nests of the EIE. To determine the distances between nearest neighbors, the Nearest Features v. 3.8b (Jenness, 2004) extension was used. To optimize the algorithm, points were selected from a predetermined finite set of points obtained by dividing our area of interest (a layer of breeding biotopes built inside the extent, the coordinates of which see above) into squares, the length of the side in which is equal to the minimum distance between occupied nests of the EIE.

To check how well such an algorithm estimates the abundance of a species, it was tested as follows: the plots studied during the observation stage were randomly divided into two sets, training and testing. Using the training set, the distances between nests were calculated, from which a set of random points in the area of interest was constructed using the algorithm described above. After this, the number of random points that fell into the sites from the test set was counted and compared with the number of real nests in these sites. This operation was performed 100 times and the minimum, maximum, mean $\pm$ standard deviation, mean error and confidence interval were calculated from the results. To complete the study, such a check was carried out twice, with different principles for dividing the plots into test and training sets: if in the first case entire plots were used, then in the second case they were divided into Thiessen polygons (Thiessen, 1911) according to nest



Самка орла-могильника в гнезде на кладке.

Фото Е. Шнайдер.

Female of the Eastern Imperial Eagle in the nest with clutch. Photo by E. Shnayder.

моделирования, начиная с подбора объясняющих переменных (Приложение 1⁴⁴) и заканчивая построением карты в GEE.

На основе карты гнездопригодных для орла-могильника биотопов мы создали карту местообитаний, для чего вокруг пикселей с вероятностью присутствия вида более 75% были построены буферы с радиусом, равным половине средней дистанции между ближайшими соседями.

Экстраполяцию численности орла-могильника мы осуществляли с помощью скриптов собственной разработки на портале Altai Project⁴³ двумя методами:

1 – прямой пересчёт средневзвешенного показателя плотности с площадок на площадь местообитаний (Карякин, 2004) с расчётом несимметричного доверительного интервала (Равкин, Челинцев, 1990);

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

Идея алгоритма ГСЧ заключалась в следующем: последовательно генерировались случайные точки так, чтобы расстояние от новой точки до всех предыдущих находилось в заданном интервале. Интервал расстояний определялся по дистанциям между активными (занятыми) гнёздами орла-могильника. Для определения дистанций между ближайшими соседями использовано расширение Nearest Features v. 3.8b (Jenness, 2004). В целях оптимизации алгоритма точки выбирались из заранее заданного конечного набора точек, полученного разбиением нашей области интереса (слой гнездопригодных биотопов, построенный внутри экстенда, координаты которого см. выше) на квадраты, длина стороны в которых равна минимальной дистанции между занятыми гнёздами орла-могильника.

Чтобы проверить, насколько хорошо такой алгоритм оценивает численность вида,

points. Thiessen polygons were created using the EditTools^{45, 46} extension according to published instructions (Karyakin *et al.*, 2009).

From the 100 sets of random points obtained at the testing stage of the algorithm, the best layer was selected, which was adjusted by bringing the number of points that fell into the surveyed plots closer to the actual number of nests in these plots. The average and maximum numbers were determined by subtracting the proportion of erroneous points from the array of verified points. When verifying the pattern of generated points, a potential breeding territory was considered confirmed if the detected nest or locations of birds encountered lay from the verified point at a distance equal to half the average distance between nearest neighbors determined for this territory. The adjusted point layer was considered the final result of the abundance estimate.

To study feeding, all remains on and under the nests were recorded, and, if possible, bird pellets found under the nests were analyzed. The number of victims was calculated using fragments of the skull (beaks or jaws) and paws (legs and wings of birds).

To understand the previous distribution of the EIE in Moyinqum and adjacent territories, we searched for articles containing the keywords “mogilnik” (Russian name of the Imperial Eagle) + *Aquila heliaca* + “Moyinqum”, “Chu”, “Talas” in scientific article citation databases in Google Scholar and open electronic libraries⁴⁷, such as the Electronic Biological Library, the Fundamental Electronic Library “Flora and Fauna” by A. Shipunov⁴⁸, in the “Publications” section on the website of the Institute of Zoology of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan⁴⁹, as well as in the archive of publications of the Russian Raptor Research and Conservation Network⁵⁰.

We also downloaded the dataset from the web GIS “Faunistics”⁵¹ and created a dataset from the Kazakhstan Birdwatching Community⁵² website in MS Excel⁵³ format and selected from there all observations of the EIE in Moyinqum and the surrounding areas⁵⁴ (Amirekul *et al.*, 2022). These observations were used to verify the pattern of points created by the RPG method in order to estimate the abundance of the EIE in the study area.

было проведено его тестирование следующим образом: исследованные на этапе наблюдения площадки были случайным образом разбиты на два набора, обучающий и тестовый. По обучающему набору проводилось вычисление расстояний между гнёздами, по которым по описанному выше алгоритму строился набор случайных точек в области интереса. После этого подсчитывалось количество случайных точек, попавших в площадки из тестового набора и сравнивалось с количеством реальных гнёзд на этих площадках. Эта операция была проведена 100 раз, и по результатам были рассчитаны минимальное, максимальное, среднее значение числа $\pm$ стандартное отклонение, среднее значение ошибки и доверительный интервал. Для полноты исследования такая проверка была проведена дважды, с разными принципами разбиения участков на тестовый и обучающий наборы: если в первом случае использовались площадки целиком, то во втором случае они были разбиты на полигоны Тиссена (Thiessen, 1911) по точкам гнёзд. Полигоны Тиссена были созданы с помощью расширения EditTools^{45, 46} в соответствии с опубликованными инструкциями (Карякин и др., 2009).

Из 100 получившихся на этапе тестирования алгоритма наборов случайных точек был выбран лучший слой, который был откорректирован путём приближения количества точек, попавших в обследованные площадки, к реальному числу гнёзд в этих площадках. Средняя и максимальная численность определена путём вычитания доли ошибочных точек из массива верифицированных точек. При верификации паттерна сгенерированных точек участок потенциального гнездования считали подтверждённым в том случае, если обнаруженное гнездо или локации встреченных птиц лежали от верифицируемой точки на дистанции, равной половине средней дистанции между ближайшими соседями, определенной для данной территории. Откорректированный слой точек считался итоговым результатом оценки численности.

Для изучения питания фиксировались все остатки на гнёздах и под ними, а также, по возможности, разбирались погадки птиц, обнаруженные под гнёздами. Подсчёт количества жертв велся по фрагментам черепа (клювы или челюсти) и лапам (лапам и крыльям у птиц).

We also summarized data on the phenology and breeding biology of the EIE in the territory under consideration based on the literature and our data.

The simplest mathematical processing of data was carried out in MS Excel 2003 and Statistica 10. For samples, the data range and mean value $\pm$ SD are given, unless otherwise stated.

Distribution of the Eastern Imperial Eagle in the study area according to published data

To the west of the study area, the EIE was recorded on non-breeding movements (Gubin, 2004) and breeding in the Kyzylkum Sands on the left bank of the middle reaches of the Syrdarya river (to the city of Kyzylorda) (Malyshovsky, 2005; Erokhov *et al.*, 2006; Sklyarenko, 2006a; Koblik, 2012; Gubin, Sklyarenko, 2014; Dzhusupov, 2017, Gubin, 2020).

In the 1960s The EIE was rare in Betpakdala (Sludsky, 1962), but in the 21st century, it began to be seen here quite often (Gubin, 2018). In Western Betpakdala, this species is currently quite common in breeding and during migration (Belyalov, Levin, 1986; Karyakin, Barabashin, 2006; Gubin 2018), also nests in the Aryskum depression (Gubin, Levin, 2008, 2017) and is found in an area of the Telikol Lakes (Gubin *et al.*, 2017). In Eastern Betpakdala, mainly on the territory of Andasai and Zhusandaly, the EIE was repeatedly encountered by different researchers during the breeding period (Kovshar A., 1986, 2004, 2008; Kovshar V., 2002; 2006b; Kovalenko, 2005, 2008; Sklyarenko 2006b, 2007a, 2007b, 2009; Kolbintsev, 2007; Sklyarenko, Schmidt, 2008), breeding were also observed here (Kovshar, 1986; Sklyarenko, 2005; Levin *et al.*, 2007; Gubin 2018).

V.N. Shnitnikov (1949) noted the abundance of the EIE in the Ili river delta. In the southern Balkhash region in the lower reaches of the Ili river this species is still breeding (Karpov, Bekbaev, 2005; Berezovikov, 2002; Belyalov, Karpov, 2002; Kovshar *et al.*, 2020) and is regularly observed by researchers (Sklyarenko, 2002, 2004; Annenkova, Ashbi, 2002; Kovshar, 2006a), but it is no longer as numerous as before (Karyakin, 2020).

For the northwestern tip of Karatau, breeding of the EIE was observed in 1930, which is reflected in the oological collection collected by E.P. Spangenberg (Dzhusupov, 2017). But since the 1960s the EIE does not breeding here (Kovshar, 1966, 2017, 2019), but it is

⁴⁵ http://www.ian-ko.com/et/EditTools/et_main.htm

⁴⁶ <http://rrrcn.ru/arcview-gis-dlya-ekologov2/16>

Для понимания прежнего распространения орла-могильника в Мойынкумах и на сопредельных территориях мы провели поиск статей, содержащих ключевые слова «могильник» + *Aquila heliaca* + «Мойынкум», «Чу», «Талас», в базах данных цитирования научных статей, в Google Scholar и в открытых электронных библиотеках, таких как Электронная биологическая библиотека⁴⁷, Фундаментальная электронная библиотека «Флора и фауна» А. Шипунова⁴⁸, в разделе «Публикации» на сайте Института зоологии Министерства образования и науки Республики Казахстан⁴⁹, а также в архиве публикаций Российской сети изучения и охраны пернатых хищников⁵⁰.

Также мы скачали датасет из веб-ГИС «Фаунистика»⁵¹ и создали датасет с сайта Kazakhstan Birdwatching Community⁵² в формате MS Excel⁵³ и выбрали оттуда все наблюдения орла-могильника в Мойынкумах и на прилегающих территориях⁵⁴ (Амирекул и др., 2022). Эти наблюдения использованы для верификации паттерна точек, созданных методом ГСЧ, с целью оценки численности орла-могильника на исследуемой территории.

Мы также обобщили данные по фенологии и гнездовой биологии орла-могильника на рассматриваемой территории по литературным и нашим данным.

Простейшую математическую обработку данных осуществляли в MS Excel 2003 и Statistica 10. Для выборок приводятся диапазон данных и среднее значение $\pm SD$, если не оговаривается иного.

Распространение орла-могильника в районе исследований по литературным данным

Западнее исследуемой территории орла-могильника отмечали на миграциях (Губин, 2004) и на гнездовании в песках Кызылкум в левобережье среднего течения р. Сырдарьи (до г. Кызылорда) (Малышевский, 2005; Ерохов и др., 2006; Складенко, 2006а; Коблик, 2012; Губин, Складенко, 2014; Джусупов, 2017; Губин, 2020).

В 1960-х гг. орёл-могильник был редок в Бетпакале (Слудский, 1962), но в XXI веке он стал встречаться здесь довольно часто (Губин 2018). В западной Бетпакале этот вид в настоящее время довольно обычен на гнездовании и в период миграций (Белялов, Левин, 1986; Карякин, Барабашин,

recorded on migration (Kolbintsev, Chalikova, 2002; Chalikova, Kolbintsev, 2006). During periods of seasonal migrations, EIEs were seen on the Kyzylkol lake in the area of the Turlan depression (Kovalenko et al., 2002b, Gavrillov, Kolbintsev, 2004), on Shoshkakol lake (Kovshar et al., 2006). The migration of EIEs through the Chokpak Pass is observed both in autumn and spring, and in terms of numbers on migration, EIE was previously many times inferior to the Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*) (Gavrillov, Gistsov, 1985; Savin, Gistsov, 1986; Kovalenko et al., 2002a; Gavrillov et al., 2004; 2017; Kolbintsev, 2004; Gavrillov, Gavrillov, 2006; Kovshar, 2019), but according to modern estimates, 8927–9802 EIEs migrated through Karatau, which is only 3 times less than Steppe Eagles, most of which pass through Chokpak (Karyakin et al., 2021).

The Imperial Eagle does not nest in Talas Alatau (Kovshar, 1966, 2019), but is observed during migrations (Chalikova, 2004; 2009; Kolbintsev, 2007; Karyakin et al., 2021).

The wintering of EIEs in the gorge Dzhabagly and Aksu are mentioned by V.V. Shevchenko (1948). But if earlier the wintering of the EIE here was extremely rare (Kovshar, 2019), now the species winters here regularly. In particular, on the Kazygurt pass on February 11, 2005, a pair of adult birds and one young bird were observed, and on February 10, 2006, one individual was noted (Kovalenko, 2006; Kovalenko, Kravchenko, 2007). An adult EIE was encountered near the town of Arys on February 4, 2004 (Erokhov et al., 2006). An eagle in transitional plumage was seen in the area of Shymkent on December 20, 2001; young and adult individuals were found between the city of Shymkent and the Tortkol village February 11, 2005; a single adult was observed on February 17, 2005, north of the Shardara reservoir (Kovalenko, 2006). From January 15 to 18, 6 EIEs were recorded between the city of Shymkent and the Shardara reservoir (Kovalenko, Karpov, 2008). A tracker-tagged EIE from Altai wintered not far from Shymkent (Karyakin et al., 2021). The EIE was observed on February 10, 2009 between the Shayan village and Boralдай (Gubin, 2018). One EIE was seen between the Bugun village and Tortkul on January 10, 2017, another two weeks later observed in Tabakbulak. Another single individual was observed near the western side of the Koksarai reservoir on January 16, 2018, another adult was observed near

⁴⁷ <http://zoomet.ru>

⁴⁸ <http://herba.msu.ru/shipunov/school/sch-ru.htm>

⁴⁹ <http://zool.kz/eng/main-page>

⁵⁰ <http://rrrcn.ru/ru/library>

⁵¹ <http://wildlifemonitoring.ru>

⁵² <http://birds.kz>

⁵³ <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2022/12/birds-kz-2sheets.xls>

⁵⁴ <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2023/03/birds-kz-AH-Moiynqum.xls>



Типичные местообитания орла-могильника в Мойынкумах – пески с саксаульниками, пойменные и искусственные леса среди пастбищ. Фото И. Карякина.

Typical habitats of the Eastern Imperial Eagle in Moyinkum Sands are saxaul forests, floodplains, and artificial forests among pastures. Photos by I. Karyakin.

2006; Губин 2018), также гнездится в Арыс-сумской впадине (Губин, Левин, 2008, 2017) и встречается в районе Теликольских озёр (Губин и др., 2017). В восточной Бетпакале, преимущественно на территории Андасая и Жусандалы, орёл-могильник неоднократно встречался разными исследователями в гнездовой период (Ковшарь А., 1986, 2004, 2008; Ковшарь В., 2002; 2006b; Коваленко, 2005, 2008; Складенко 2006b, 2007a, 2007b, 2009; Колбинцев, 2007; Складенко, Шмидт, 2008), здесь также были установлены факты гнездования (Ковшарь, 1986; Складенко, 2005; Левин и др., 2007; Губин 2018).

В.Н. Шнитников (1949) отмечал многочисленность орла-могильника в дельте р. Или. В Южном Прибалхашье в нижнем течении р. Или этот вид гнездится до сих пор (Карпов, Бекбаев, 2005; Березовиков, 2002; Белялов, Карпов, 2002; Ковшарь и др., 2020) и регулярно наблюдается исследователями (Складенко, 2002, 2004; Анненкова, Ашби, 2002; Ковшарь, 2006a), но он уже не многочислен, как ранее (Карякин, 2020).

Для северо-западной оконечности Каратау в 1930 г. наблюдалось гнездование могильника, что отражено в оологической коллекции, собранной Е.П. Спангенбергом (Джусупов, 2017). Но с 1960-х гг. здесь орёл-могильник не гнездится (Ковшарь, 1966, 2017, 2019), хотя отмечается на пролёте (Колбинцев, Чаликова, 2002; Чаликова, Колбинцев, 2006). В периоды сезонных миграций орлов-могильников встречали на оз. Кызылколь в районе Турланского понижения (Коваленко и др., 2002b, Гаврилов, Колбинцев, 2004), на оз. Шошакколь (Ковшарь и др., 2006). Миграция орлов-могильников через Чокпакский перевал отмечается как осенью, так и весной, и по численности на пролёте ранее он многократно уступал степному орлу (*Aquila nipalensis*) (Гаврилов, Гисцов, 1985; Савин, Гисцов, 1986; Коваленко и др., 2002a; Гаврилов и др., 2004; 2017; Колбинцев, 2004; Гаврилов, Гаврилов, 2006; Ковшарь, 2019), но по современным оценкам через Каратау осенью летит 8927–9802 орлов-могильников, что всего лишь в 3 раза меньше, чем степных орлов, большая часть из которых походит через Чокпак (Карякин и др., 2021).

В Таласском Алатау орёл-могильник не гнездится (Ковшарь, 1966, 2019), но отмечается на миграциях (Чаликова, 2004; 2009; Колбинцев, 2007; Карякин и др., 2021).

the Akakala village February 17, 2019 (Gubin, 2020). In the Kyrgyz Alatau, a winter meeting of an adult EIE was also noted on December 10, 2001 (Kovalenko, 2006).

In the study area in the Moyinqum Sands Putyatin V.V. (1986) in 1982 discovered 5 nests of the EIEs located on Saxaul trees and electric poles. In 1982, on the border of the sands with the Chu floodplain on the route with Furmanovka (Moyinqum village) – Baital village (75 km) researchers counted EIEs three times: on July 25, 3 ind. and a pair were counted, on July 27 – 3 ind., on August 1 – 4 ind.; on the same route on June 29, 1984, 2 ind. were observed; in 1983, on the Sukzak-Zhuantobe highway, a nest of the EIE was found, it built on a power line, where in June there were 2 nestlings (Kovshar, 1986). A pair of adult EIEs was observed on April 26, 2005 on concrete power poles near the Zhuantobe village (their nest, located on one of the electric pole, was apparently destroyed by electricians who were actively working in the area) (Karyakin, Barabashin, 2006), but later the eagles restored the nest, since an adult bird near the nest on a electric pole near the Zhuantobe village was recorded on October 1, 2014 (Gubin, 2018). In the Moyinqum sands, on the top of Saxaul, an old nest was discovered, probably an EIE (Karyakin, Barabashin, 2006). In March 2008, 20 km west of the Moyinqum village, in a river floodplain with large Silverberry trees next to the nest, a pair of EIEs was observed (Karpov, Panov, 2009). Khrokov V.V. (2011) in Moyinqum met two EIEs on October 17, 2010 and found 2 old nests on Saxauls. A pair of EIEs in an area with an occupied nest on Saxaul was observed by G.I. Pulikova in the Moyinqum sands in May 2021, at the same time 2 old nests were found on Elm trees in the locations of mothballed wells (Karyakin et al., 2023).

In the valleys of the Talas and Assy rivers on the 600 km routes from May 15 to May 27, 1983, the EIE was not seen, but on May 21, 1983, in the Talas river floodplain near the Kenes village was found a residential nest, built on the top of a single Silverberry (at a height of 5 m from the ground); in the nest there were 2 small nestlings and 1 unfertilized egg (Kovshar, 1986).

V.N. Shnitnikov (1949) mentions that EIEs, as a rare exception, winter in the Chu river valley.

Research results

Field research 2022–2023

During the expeditions 2022–2023 39 breeding territories of the EIE were found.

In 2022, we found 13 EIE breeding territo-

О зимовке могильников в уш. Джабаглы и Аксу упоминает В.В. Шевченко (1948). Но если ранее зимовки орла-могильника здесь были крайне редки (Ковшарь, 2019), то в настоящее время вид зимует здесь регулярно. В частности, на перевале Казыгурт 11 февраля 2005 г. наблюдали пару взрослых птиц и одного молодого, а 10 февраля 2006 г. отметили одну особь (Коваленко, 2006; Коваленко, Кравченко, 2007). У г. Арысь встречен взрослый орёл-могильник 4 февраля 2004 г. (Ерохов и др., 2006). Орла в переходном возрастном наряде видели в районе г. Шымкент 20 декабря 2001; молодую и взрослую особей встретили между г. Шымкент и с. Тортколь 11 февраля 2005 г.; взрослую одиночку наблюдали 17 февраля 2005 г. севернее Шардаринского водохранилища (Коваленко, 2006). С 15 по 18 января 6 орлов-могильников было отмечено между г. Шымкент и Шардаринским водохранилищем (Коваленко, Карпов, 2008). Недалеко от Шымкента зимовал, помеченный трекером могильник из Алтая (Карякин и др., 2021). Орла-могильника наблюдали 10 февраля 2009 г. между с. Шаян и с. Боралдай (Губин, 2018). Один орёл-могильник был встречен между с. Бугунь и с. Торткуль 10 января 2017 г., другой через две недели кружил над Табакбулаком. Ещё одна одиночная особь наблюдались у западной стороны Коксарайского контррегулятора 16 января 2018 г., другая взрослая – около пос. Акакала 17 февраля 2019 г. (Губин, 2020). В Киргизском Алатау также была отмечена зимняя встреча взрослого орла-могильника 10 декабря 2001 г. (Коваленко, 2006).

На изучаемой территории в песках Мойынкум Путятин В.В. (1986) в 1982 г. обнаружил 5 гнезд орла-могильника, устроенных на саксаулах и опорах ЛЭП. В 1982 г. на границе песков с поймой Чу на маршруте с. Фурмановка (с. Мойынкум) – с. Байтал (75 км) трижды провели учёт орлов: 25 июля учтено 3 одиночки и пара, 27 июля – 3 одиночки, 1 августа – 4 одиночки; на этом же маршруте 29 июня 1984 г. отмечены 2 одиночки; в 1983 на трассе Сукзак–Жуантобе найдено гнездо орла-могильника, устроенное на ЛЭП, где в июне было 2 оперённых птенца (Ковшарь, 1986). Пара взрослых орлов-могильников наблюдалась 26 апреля 2005 г. на бетонных опорах ЛЭП близ с. Жуантобе (их гнездо, располагавшееся на одной из опор, видимо было разрушено электриками, которые активно работали в данном районе) (Карякин, Ба-



Орёл-могильник. Фото И. Карякина.
Eastern Imperial Eagle. Photo by I. Karyakin.

ries. Of these, 12 breeding territories were occupied, and nests were found in 10 of them, including successful breeding in 6 nests we recorded during May. In one breeding territory, only old nests were found, so we classified this territory as abandoned. In 2022, a total of 15 EIE nests were observed in 11 breeding territories (10 occupied breeding territories and 1 abandoned): 12 nests in 9 breeding territories – in the Talas River basin and 3 nests in 2 areas – in the river Chu basin.

In 2023, on the territory, on wherein we presumed the optimal breeding group of the EIE based on modeling on the southeastern edge of the Moyinqum sands, 26 breeding territories of the EIE were found, on which 34 nests were observed, 9 of which were old alternative nests in areas occupied by eagles; In 21 breeding territories, active nests were found and in 4 – occupied, but unsuccessful (3) or fresh nest constructions (1) at the time of the survey; all newly identified breeding territories were located in artificial forests on the edge of the Moyinqum Sands; one breeding territory, where no nest was found, was identified in forest belts among farmland 2.5 km south of the Moyinqum Sands (Table 1, Fig. 2). Also this year, 6 breeding territories were visited, found in 2022, on which 7 nests were examined, in 3 of which successful breeding was noted and in 3 breeding territories occupied but unsuccessful (empty) nests were observed. A total of 40 EIE nests were inspected in 2023.

A visit to the Andasai reserve showed that the White-Tailed Eagle here completely replaced the imperial eagle in the Chu River valley, displacing it outside the valley. White-Tailed Eagle numbers continue to grow here.

рабашин, 2006), но позже орлы восстановили гнездо, так как взрослая птица около гнезда на опоре ЛЭП около с. Жуантобе встречена 1 октября 2014 г. (Губин, 2018). В песках Мойынкум на вершине саксаула обнаружено старое гнездо, вероятно орла-могильника (Карякин, Барабашин, 2006). В марте 2008 г. в 20 км западнее с. Мойынкум, в речной пойме с крупными деревьями лоха рядом с гнездом наблюдали пару орлов-могильников (Карпов, Панов, 2009). Хроков В.В. (2011) в Мойнкумах встретил двух одиночных орлов 17 октября 2010 г. и обнаружил 2 старых гнезда на саксаулах. Пара орлов-могильников на участке с занятым гнездом на саксауле наблюдалась Г.И. Пуликовой в песках Мойынкум в мае 2021 г., тогда же были найдены 2 старых гнезда на вязах в местах расположения законсервированных скважин (Карякин и др., 2023).

В долинах рр. Талас и Ассы на маршрутах протяжённостью 600 км с 15 по 27 мая 1983 г. орёл-могильник не был встречен, но 21 мая 1983 г. в пойме Таласа близ с. Кенес найдено жилое гнездо, устроенное на верхушке одиночного лоха (на высоте 5 м от земли) в гнезде было 2 пуховых птенца и 1 неоплодотворенное яйцо (Ковшарь, 1986).

В.Н. Шнитников (1949) упоминает о том, что одиночные орлы-могильники в виде редкого исключения зимуют в долине Чу.

Результаты исследований

Полевые исследования 2022–2023 гг.

В ходе экспедиций 2022–2023 гг. было выявлено 39 гнездовых участков орлов-могильников.

В 2022 г. мы обнаружили 13 гнездовых участков орла-могильника. Из них 12 участков оказались занятыми, на 10 из них были обнаружены гнёзда, в том числе в 6 гнёздах было установлено успешное размножение в течение мая. На одном участке обнаружены только старые гнёзда, поэтому мы этот участок отнесли к покинутым. В 2022 г. в общей сложности было осмотрено 15 гнёзд орла-могильника на 11 гнездовых участках (10 занятых участков и 1 покинутый): 12 гнёзд на 9 участках – в бассейне р. Талас и 3 гнезда на 2-х участках – в бассейне р. Чу.

В 2023 г. в зоне предполагаемого на основании моделирования оптимума гнездовой группировки орла-могильника на юго-восточной кромке песков Мойынкум выявлено 26 гнездовых участков орла-могильника на которых осмотрено 34 гнезда, 9 из которых были старыми альтернативными

In general, the floodplains of the Talas and Chu rivers turned out to be less populated by EIEs, despite the high proportion of tall trees suitable for making eagle nests in the floodplains. Avoidance of floodplains is due to the species' attraction to colonies of the Great Gerbil and Yellow Ground Squirrel, which are concentrated mainly in the sand on the terraces, and, possibly, to the increased disturbance of eagles by vacationers and fishermen in the floodplains.

The tree plantations most densely habituated by the EIE were the artificial forests along the southern edge of the Moyinqum Sands. At the same time, it was found that the eagle does not inhabit forest belts along farmland on the plain between the sands and Talas Alatau mountains, more than 4 km away from the sands.

In further analysis, we also included 3 nests in 2 breeding territories found by G. Pulikova in 2021 in the Chui part of the Moyinqum Sands (Karyakin *et al.*, 2023) and 2 breeding territories found by I. Karyakin and T. Barabashin (Karyakin, Barabashin, 2006; Karyakin *et al.*, 2023) on the terrace of the Chu river near the Juantobe village in 2005.

The distances between active and old alternative nests of the EIE within one breeding territory varied from 0.05 to 2.32 km, average ($n=12$) 0.48 ± 0.66 km. On two breeding territories with successful breeding in both years of research (in 2022 and 2023), eagles changed nests, building completely new nests 0.28 and 1.17 km from the previous ones. The maximum distances are typical for natural Saxaul forests inside the massif of hilly sands; the minimum distances are typical for artificial forests on the periphery of the sand massif. The distances between neighbors change in the same proportion, being maximum inside the sand massif and minimum along its periphery.

Distances between the closest neighbors of the EIEs according to our data for 2022–2023 and data from datasets for previous years (Karyakin *et al.*, 2023) ranged from 1.41 to 89.12 km. In territories where we exclude the omission of nesting sites, the distances between nearest neighbors varied from 1.41 to 20.6 km, average ($n=27$) 6.28 ± 4.9 km (Fig. 3).

Distances from EIE nests to the nearest farms or nearest buildings in settlements varied from 0.13 to 4.41 km, average ($n=55$) 1.52 ± 0.91 km.

Of the 54 described nesting structures of the EIE, only 6 nests (11.11%) were built on the metal crossarms of concrete poles of 110 kV power lines. The majority of nests (75.93%)

Типичные гнёзда орла-могильника в искусственных лесах юго-восточной кромки Мойынкумов.
Фото Е. Шнайдер.

Typical nests of the Eastern Imperial Eagle in the artificial forests of the south-eastern edge of the Moyinqum Sands.
Photos by E. Schnayder.



гнёздами на занятых орлами участках; на 21 участке обнаружены жилые гнёзда и на 4-х – занятые, но безуспешные (3) или свежие наброски (1) на момент обследования; все вновь выявленные гнездовые участки располагались в искусственных пескоукрепительных лесонасаждениях кромки Мойынкумов; один гнездовой участок, на котором не обнаружено гнездо, был выявлен в лесополосах среди сельхозугодий в 2,5 км южнее комки песков Мойынкум (табл. 1, рис. 2). Также в этот год посещались 6 гнездовых участков, выявленных в 2022 г., на которых осмотрено 7 гнёзд, в 3-х из которых отмечено успешное размножение и на 3-х участках наблюдались занятые, но безуспешные (пустые) гнёзда. В общей сложности в 2023 г. было осмотрено 40 гнёзд орла-могильника.

Посещение Андасайского заказника показало, что орёл-могильник здесь полностью вытеснен из долины р. Чу орланом-белохвостом, численность которого продолжает расти. В целом поймы Таласа и Чу оказались менее населёнными орлами-могильниками, несмотря на высокую долю высоких деревьев, подходящих для устройства орлиных гнёзд, именно в поймах. Избегание пойм связано с тяготени-

were located on Chinese Elm (*Ulmus parvifolia*), 5.56% each on Desert Poplar (*Populus* sp.) and Saxaul (*Halóxylon* sp.) and one nest (1.85%) was built on Silverberry (*Elaeagnus* sp.) ($n=54$, Fig. 4). Nests in trees were mostly located in the forks of the trunk (57.78%), to a lesser extent (20% each) – at the base of branches or on branches away from the trunk. One nest (2.22%, $n=45$) was made at the top of a broken trunk. In 57.78% of cases ($n=45$), the nests were located in the upper third of the tree, in 40% – in the middle, and in 2.22% – in the lower third (Fig. 5). The height of nests in trees varied from 1.5 to 12 m, averaging 6.97 ± 3.09 m (median 6.0 m) ($n=47$, Fig. 6).

In 2022, clutch size in April–May in inspected nests varied from 1 to 3 eggs, average ($n=6$) 2 ± 0.63 eggs per successful nest and ($n=9$) 1.56 ± 1.01 eggs onto the active nest (Fig. 7). The size of the broods before nestlings fledged varied from 1 to 3 nestlings, average ($n=5$) 2 ± 0.71 nestlings per successful nest and ($n=9$) 1.11 ± 1.17 nestlings per active nest (Fig. 7). In July we ringed 10 nestlings in five nests. After fledge, the complete death of one brood (2 nestlings) and the partial death of another brood (1 nestling out of 3) was noted. Thus, in the dependent post-breeding period, the size of the broods varied from 1

Табл. 1. Гнездовые участки орлов-могильников (*Aquila heliaca*), выявленные в 2022–2023 гг.Table 1. Breeding territories of the Eastern Imperial Eagles (*Aquila heliaca*) found in 2022–2023.

Площадки Plots	Гнездовые участки Breeding territories	Покинутые гнездовые участки Abandoned breeding territories	Занятые гнездовые участки Occupied breeding territories	Доля от общего числа выявленных гнездовых участков, % Share of the total number of breeding territories, %	Успешные гнезда на момент первой проверки Successful nests at the time of first observation	Доля от числа занятых гнездовых участков, % Share of the total number of occupied breeding territories, %	Занятые гнездовые участки, не подтверждённые находкой гнезда Occupied breeding territories not confirmed by finding nests
1	4	0	4	10.53	3	75.00	0
2	9	0	9	23.68	3	33.33	1
3	24	0	24	63.16	21	87.50	1
Вне площадок Outside of plots	2	1	1	2.63	0	0	0
Всего /Total	39	1	38	100	27	71.05	2
Доля / Share, %	100	2.56	97.44		69.23		5.13

ем вида к колониям большой песчанки и жёлтого суслика, которые сосредоточены преимущественно в песках на террасах, а, возможно, и повышенным фактором беспокойства орлов отдыхающими и рыбаками в поймах рек.

Наиболее плотно населёнными орлом-могильником древесными насаждениями оказались искусственные пескоукрепительные леса вдоль южной кромки песков Мойынкум. При этом было выяснено, что орёл не заселяет лесополосы вдоль сельскохозяйственных на равнине между песками и Таласским Алатау, удалённые от песков более чем на 4 км.

В дальнейший анализ мы также включили 3 гнезда на 2-х гнездовых участках, выявленных Г. Пуликовой в 2021 г. в причуйской части песков Мойынкум (Карякин

to 2 fledglings, average ($n=4$) 1.75 ± 0.5 fledglings per successful nest and ($n=9$) 0.78 ± 0.97 fledglings per active nest. The overall breeding success for all observed nests was ($n=9$) 44.44%, and the reproductive efficiency was 58.33% (7 fledglings relative to 12 eggs laid).

During a repeated visit to the breeding territories, it was found that in a brood of 3 nestlings, the youngest fledgling, weakened due to hunger, was caught by local residents, fed for several weeks on a farm located next to the nest, and after becoming stronger, was released and flew away.

Species Distribution Modeling

Analysis of mean values of environmental variables for EIE presence points using a Student's t-test showed that they were significantly different from those of random points. Considering that the EIE breeds on the plain, the geomorphological characteristics of breeding territories and random points turned out to be almost the same, however, the nests of eagles were confined to slightly higher elevation (from 171 to 633, on average 483.18 ± 141.47 m above sea level) with less rugged terrain (tri 0.05–2.34, average 0.62 ± 0.57) than random points (80–618, average 415, 98 ± 118.68 m

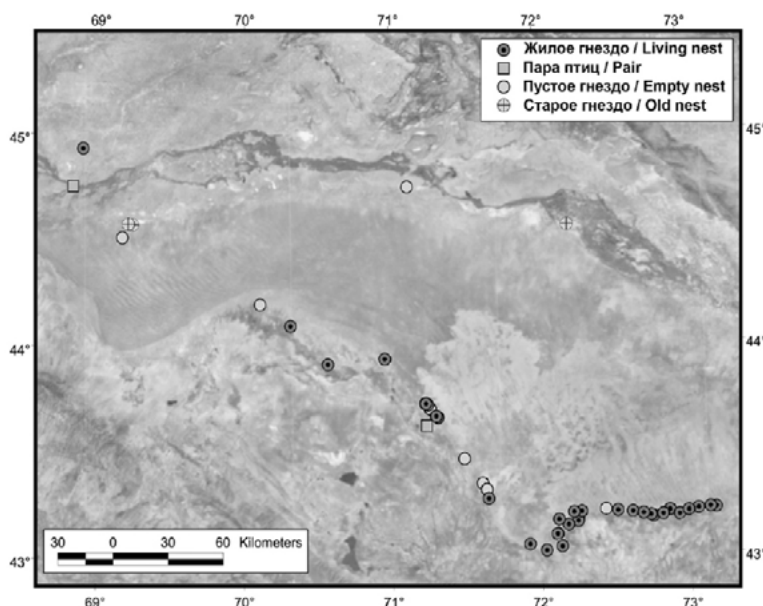


Рис. 2. Гнездовые участки орла-могильника (*Aquila heliaca*), осмотренные в песках Мойынкум (Южный Казахстан).

Fig. 2. Breeding territories of the Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) that were surveyed in the Moynqum Sands (South Kazakhstan).

и др., 2023) и 2 гнездовых участка, выявленных И. Карякиным и Т. Барабашиным (Карякин, Барабашин, 2006; Карякин и др., 2023) на террасе р. Чу близ с. Жуантобе в 2005 г.

and tri 0.11–3.24, on average 0.87 ± 0.72 ; Fig. 8). Fourteen of fifteen global habitat spatial heterogeneity variables calculated from the MODIS Enhanced Vegetation Index (EVI) (Table 2) showed that EIEs nest at locations with higher EVI scores than random sites, with a high level of reliability of the difference in means ($p < 0.0003$) and gravitate towards ecotone plant communities of the desert, be it artificial (Elm forest belts) or natural (Saxaul) forests (Fig. 8). High summer NDVI values determined the breeding distribution of the EIE (0.11–0.49, average 0.30 ± 0.09), relative to random points (0.14–0.51, average 0.21 ± 0.07 ; $p < 0.0003$) (Fig. 8). More complex was the connection between eagles and farms, which determine the distribution of the EIE over the territory, but, at the same time, limit it. Most random points were located on average 4.38 ± 4.37 km from the farms, with a huge range of distances from 0 to 20 km (Table 2, Fig. 8). The eagles distanced themselves from the farms further than 100 m, avoiding disturbance, but at the same time tried to nest at a distance of 1.5 ± 0.91 km from them, but no further than 4.5 km, in order to successfully develop the food resource concentrated near the farms (rodents, pigeons, corvids, carrion).

Classification of Alos and Landsat images into 21 points of EIE nests in 2022 showed a wide range of distribution of tree and shrub plantings in the southeastern part of Moyin-qum Sands with a high probability of eagles nesting here (Fig. 9). During modeling we cut off part of the forests unsuitable for breeding of the EIE on the left bank of the Talas river and in the Kuragaty river valley. Modeling showed the importance of sand-reinforcing artificial forests on the southeastern edge of the Moyin-qum Sands, which was surveyed in 2023 (zone A in Fig. 9), and the data on it significantly clarified the species distribution model in Moyin-qum, the results of which we describe below.

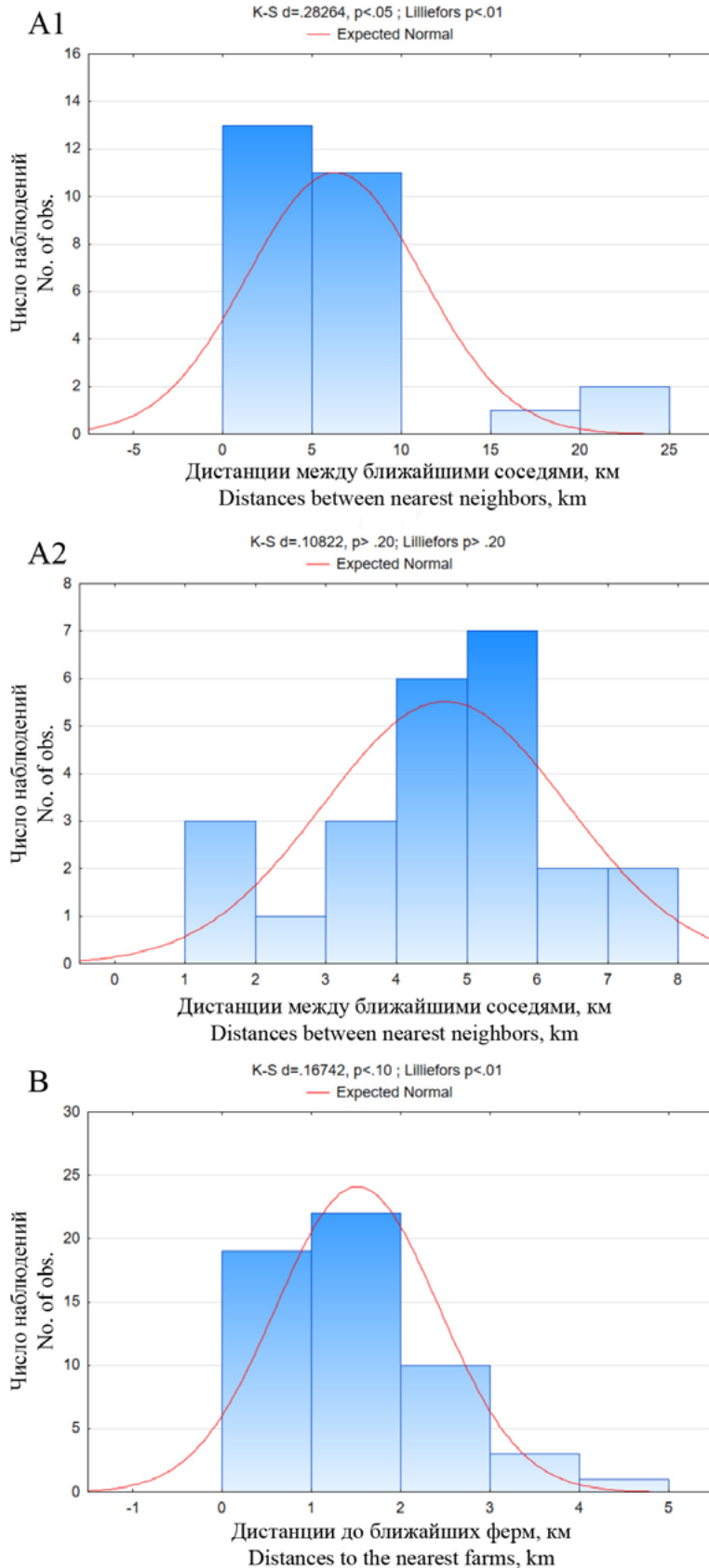


Рис. 3. Дистанции (в км): между ближайшими соседями орла-могильника по всему комплексу гнёзд – A1 и только по гнёздам в искусственных лесах юго-востока исследуемой территории – A2, а также дистанции от гнёзд орла-могильника до ближайших ферм – B.

Fig. 3. Distances (in km): between the nearest neighbors of the Eastern Imperial Eagle across all known nests – A1 and only for nests in artificial forests in the southeast of the study area – A2, from the Imperial Eagle nests to the nearest farms – B.

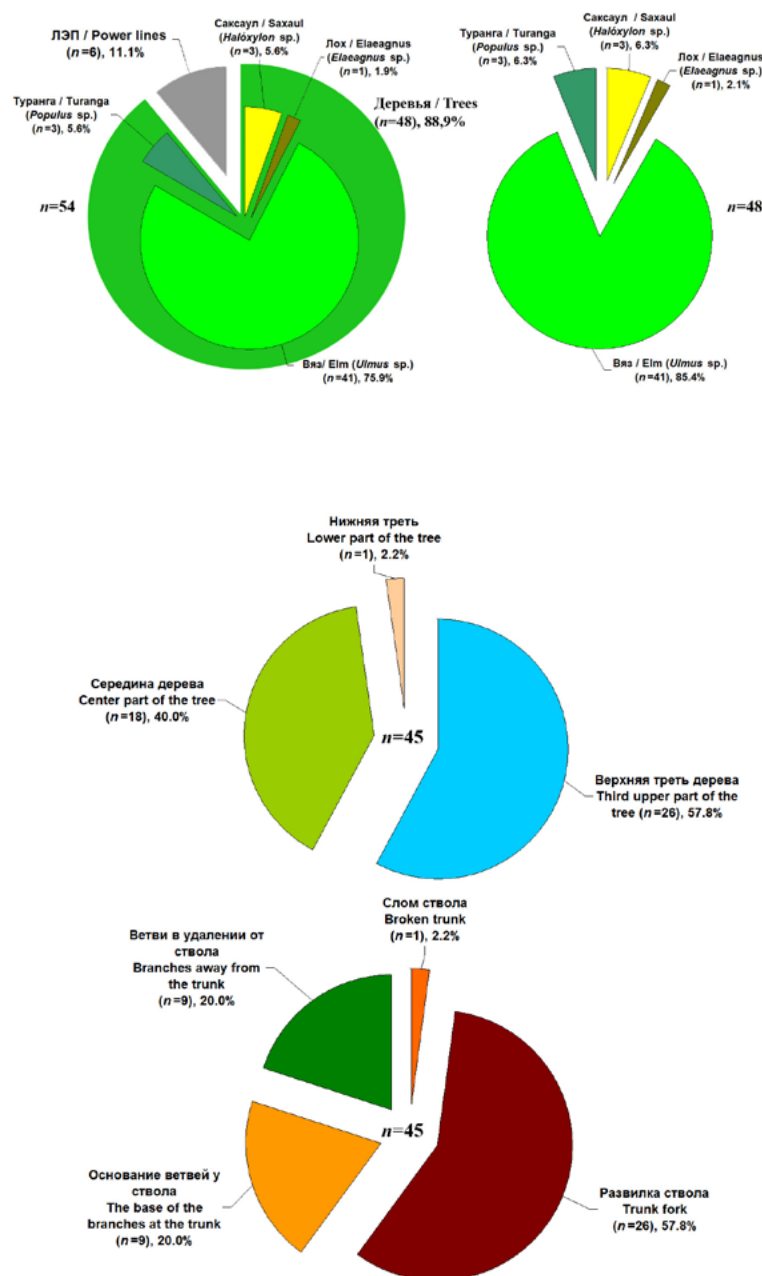


Рис. 5. Характер устройства гнёзд орлами-могильниками в песках Мойынкум.

Fig. 5. Eastern Imperial Eagle nest locations in Moyinkum Sands.

Дистанции между активными и старыми альтернативными гнёздами орла-могильника в пределах одного гнездового участка изменялись от 0,05 до 2,32 км, составив в среднем ($n=12$) $0,48 \pm 0,66$ км. На двух гнездовых участках с успешным размножением в оба года исследований (в 2022 и 2023 гг.) орлы сменили гнездовые постройки, построив совершенно новые гнёзда в 0,28 и в 1,17 км от прежних. Максимальные дистанции характерны для естественных саксаульников внутри массива бугристых песков, минимальные – для

Рис. 4. Места устройства гнёзд орлами-могильниками в песках Мойынкум.

Fig. 4. Places of the Eastern Imperial Eagle nest constructions in Moyinkum Sands.

To classify images for the purpose of final modeling of the distribution of the EIE using the Random Forest (RF) method, we selected variables for 6 models (Appendix 1⁴⁴):

– Model 1 (M1) includes Elevation (NASADEM) + Landsat,

– Model 2 (M2) includes Elevation (NASADEM) + Alos+ Landsat,

– Model 3 (M3) includes 8 variables from 3 remote sensing products (NASADEM, Geomorpho90m, and Global Habitat Heterogeneity), which are especially important according to the Student's t-test ($p < 0.0003$) for sampling points of presence and random points without multicollinear variables in the sample, ESA WorldCover 10m v100 and unclassified Alos and Landsat images (NDVI calculation and all channels for July 2018–2021),

– Model 4 (M4) includes 5 variables from 3 remote sensing products (NASADEM, Geomorpho90m, and Global Habitat Heterogeneity), which are especially important according to Student's t-criterion ($p < 0.0003$) for sampling points of presence and random points without multicollinear variables in the sample, and unclassified Landsat images (calculation of NDVI, blue and NIR channels for July 2018–2021),

– Model 5 (M5, basic model) includes 5 variables from 3 remote sensing products (NASADEM, Geomorpho90m and Global Habitat Heterogeneity), which are especially important according to Student's t-test ($p < 0.0003$) for sampling points of presence and random points without multicollinear variables in the sample, unclassified Alos and Landsat images (NDVI calculation, blue and NIR channels for July 2018–2021),

– Model 6 (M6) includes uncorrelated variables: 10 variables from 3 remote sensing products (NASADEM, Geomorpho90m, and Global Habitat Heterogeneity), ESA WorldCover 10m v100, HH channel of the unclassified Alos image, NDVI calculation, blue and NIR channels of unclassified Landsat images for July 2018–2021 and the red channel for September 2018–2021.

Cross-validation showed the best result for probabilistic models M4, M5, and M6 (Table 3). The out-of-bag error (OOBE) for the 20 RF trees was 0.19, 0.19, and 0.15, respectively (Fig. 10). In M4, the coefficients of regres-

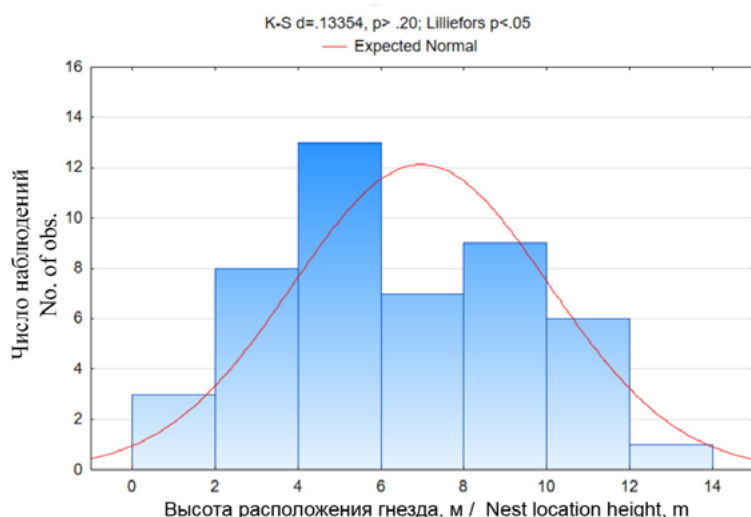


Рис. 6. Высота устройства гнёзд орлами-могильниками на деревьях в песках Мойынкум.

Fig. 6. The height of the Eastern Imperial Eagle nest locations on the trees in Moyinkum Sands.

sion determination (R^2) for the training and test samples turned out to be the same – 0.78 with AUC-ROC=1. Despite the high AUC-ROC scores, we did not notice any overtraining of the model or a significant decrease in the modeling result on the test set.

EIE habitat suitability was determined by 6 (M5) to 9 (M6) variables in different RF models. The largest contribution to M4 was

искусственных лесонасаждений периферии песчаного массива. Видимо в той же пропорции изменяются дистанции между соседями, являясь максимальными внутри песчаного массива и минимальными по его периферии.

Дистанции между ближайшими соседями орла-могильника по нашим данным 2022–2023 гг. и данным из датасетов за предыдущие годы (Карякин и др., 2023) варьировали от 1,41 до 89,12 км. На территориях, где пропуск гнездовых участков мы исключаем, дистанции между ближайшими соседями варьировали от 1,41 до 20,6 км, составив в среднем ($n=27$) $6,28 \pm 4,9$ км (рис. 3).

Дистанции от гнёзд орла-могильника до ближайших ферм или ближайших строений населённых пунктов изменялись от 0,13 до 4,41 км, составив в среднем ($n=55$) $1,52 \pm 0,91$ км.

Из 54 описанных гнездовых построек орла-могильника только 6 гнёзд (11,11%) были устроены на металлических траверсах бетонных опор ЛЭП 110 кВ. Большинство гнездовых построек (75,93%) располагались на вязах мелколистных (*Ulmus parvifolia*), по 5,56% – на туранге (*Populus* sp.) и саксауле (*Halóxylon* sp.) и одно гнездо (1,85%) было устроено на лохе (*Elaeagnus* sp.) ($n=54$, рис. 4). Гнёзда на деревьях большей частью (57,78%) были размещены в развилках ствола, в меньшей степени (по 20%) – у основания ветвей или на ветвях в удалении от ствола. Одно гнездо (2,22%, $n=45$) было устроено на вершине слома ствола. В 57,78% случаев гнёзда располагались в верхней трети дерева, в 40% – в середине, и в 2,22% ($n=45$) – в нижней трети (рис. 5). Высота расположения гнёзд

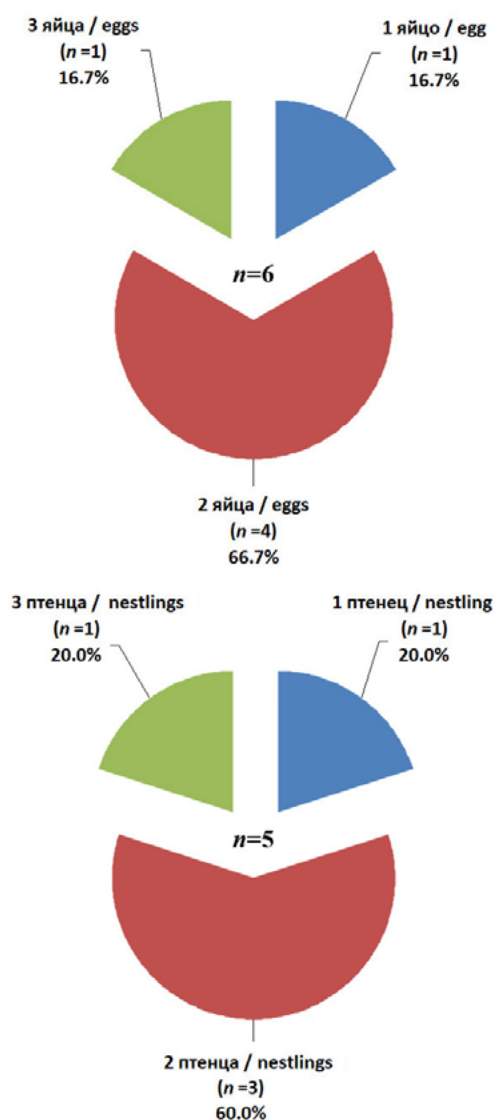


Рис. 7. Размеры кладок и выводков орлов-могильников в песках Мойынкум по результатам исследований 2022 г.

Fig. 7. The Eastern Imperial Eagle clutch and brood sizes according to research results in Moyinkum Sands in 2022.

Варианты расположения гнёзд орла-могильника на деревьях в песках Мойынқум. Фото Е. Шнайдер и И. Карякина.

Variants of the nest locations of the Eastern Imperial Eagle in trees in the Moyinqum Sands. Photos by E. Schnayder and I. Karyakin.



на деревьях варьировала от 1,5 до 12 м, составляя в среднем $6,97 \pm 3,09$ м (медиана 6,0 м) ($n=47$, рис. 6).

В 2022 г. размер кладок в апреле–мае в осмотренных гнёздах варьировал от 1 до 3 яиц, составив в среднем ($n=6$) $2 \pm 0,63$ яйца на успешное гнездо и ($n=9$) $1,56 \pm 1,01$ яйца на активное гнездо (рис. 7). Размер выводков до вылета птенцов варьировал от 1 до 3 птенцов, составив в среднем ($n=5$) $2 \pm 0,71$ птенцов на успешное гнездо и ($n=9$) $1,11 \pm 1,17$ птенцов на активное гнездо (рис. 7). В июле мы окольцевали 10 птенцов в пяти гнёздах. После вылета отмечена полная гибель одного выводка (2 птенца) и частичная гибель другого выводка (1 птенец из 3-х). Таким образом, в зависимый послегнездовой период размер выводков варьировал от 1 до 2 слётков, составив в среднем ($n=4$) $1,75 \pm 0,5$ слётков на успешное гнездо и ($n=9$) $0,78 \pm 0,97$ слётков на активное гнездо. Общий успех размножения по всем проверенным гнёздам составил ($n=9$) 44,44%, а эффективность размножения – 58,33% (7 слётков относительно 12 отложенных яиц).

В ходе повторного посещения гнездовых участков было выяснено, что в выводке из 3-х птенцов младший слёток, ослабевший из-за голода, был пойман местными жителями, несколько недель докармливался на ферме, расположенной рядом с гнездом, и после того как окреп, был выпущен и улетел.

Моделирование распространения

Анализ средних значений переменных окружающей среды для точек присутствия

made by Landsat channels and Normalized dispersion of EVI (cov), in M5 – Normalized dispersion of EVI (cov) along with Disorderliness of EVI (entropy), NDVI calculated from Landsat images for July 2018–2021, Landsat NIR channel and Alos HV channel, in M6 – Landsat and NDVI channels, Alos HH channel, Normalized dispersion of EVI and Linear dependency of EVI on adjacent pixels (corr), Compound topographic index (cti) and Elevation, as well as classified grasslands in ESA WorldCover. In all three models, Landsat and Normalized dispersion of EVI variance made important contributions to positive classifications (Fig. 11). This was expected and is in good agreement with the non-randomness of eagles' choice of nesting habitats, which was confirmed using the Student's t-test.

We averaged the results from M4 and M6 and produced a resulting raster based on the probability of imperial eagle presence ranging from 75% to 100%; (Fig. 12). The area of biotopes suitable for breeding of the EIEs, according to this classified image, was 5086.52 km² – 1634 clusters with an area from 0.07 to 279.88 km², on average 0.48 ± 3.21 km². The area of EIE habitats was determined based on half the average distance between nearest neighbors (3.14 km) and amounted to 61053.3 km² (a single large cluster with an area of 51205.97 km², the 2nd also quite large cluster with an area of 2259.26 km² and 109 clusters with an area from 25.8 to 655.21 km², on average 69.62 ± 82.75 km²).

A fairly large array of forest belts and artificial forests, located away from the sands

орла-могильника посредством t-критерия Стьюдента, показал, что они значительно отличались от таковых случайных точек. Учитывая то, что вид гнездится на равнине, геоморфологические характеристики гнездовых участков и случайных точек оказались практически одинаковыми, тем не менее, гнездовые участки орлов были приурочены к несколько большим высотам (высота над уровнем моря / elevation от 171 до 633, в среднем $483,18 \pm 141,47$ м над уровнем моря) с менее пересечённой местностью (индекс пересечённости местности / tri $0,05-2,34$, в среднем $0,62 \pm 0,57$), чем случайные точки (180–618, в среднем $415,98 \pm 118,68$ м и $0,11-3,24$, в среднем $0,87 \pm 0,72$, соответственно; рис. 8). Четырнадцать из пятнадцати переменных пространственной неоднородности глобальной среды обитания, рассчитанных на основе усовершенствованного вегетационного индекса (EVI), полученного с помощью спектрорадиометра MODIS (табл. 2), показали, что орлы-могильники гнездятся в местах с более высокими показателями EVI, чем случайные точки, с высоким уровнем надёжности разницы средних ($p < 0,0003$) и тяготеют к экотонным растительным сообществам пустыни, будь то искусственные (вязовые лесополосы) или естественные (саксаульники) лесонасаждения (рис. 8). Высокие летние показатели NDVI были определяющими гнездовое распространение орла-могильника ($0,11-0,49$, в среднем $0,30 \pm 0,09$), относительно случайных точек ($0,14-0,51$, в среднем $0,21 \pm 0,07$; $p < 0,0003$) (рис. 8). Более сложной оказалась связь орлов с фермами, которые определяют распределение орла-могильника по территории, но, в тоже время, и ограничивают его. Большинство случайных точек были удалены в среднем на $4,38 \pm 4,37$ км от ферм при гигантском разбросе дистанций от 0 до 20 км (табл. 2, рис. 8). Орлы дистанцировались от ферм далее 100 м, избегая фактора беспокойства, но при этом старались гнездиться в удалении от них на $1,5 \pm 0,91$ км, но не далее 4,5 км, чтобы успешно осваивать кормовой ресурс, концентрирующийся у ферм (грызуны, голуби, врановые, падаль).

Классификация изображений Alos и Landsat по 21 точке гнезд орлов-могильников в 2022 г. показала широкий диапазон распределения древесно-кустарниковых насаждений в юго-восточной части Мойынкумов с высокой долей вероятности гнездования здесь орлов (рис. 9). Моделирование, в ходе которого мы отсекали часть

on the left bank of the Talas river, has been identified as biotopes suitable for nesting of the EIE, and on the foothill plain at the foot of the Kyrgyz ridge between the sands and mountains on the left bank of the Chu river in intensively developed for agricultural places (524 clusters from 0.12 to 1.46 km² with a total area of 115.43 km²). Such biotopes are actually suitable for nesting for eagles in the Eastern Balkhash region, but in the territory we are considering, eagles are not so tolerant of disturbance and do not breeding in forest belts surrounded by cultivated fields. Therefore, we cut out these areas from the main contour of breeding biotopes and habitats of EIEs, classifying them as potential areas into which eagles can penetrate as their numbers increase. We identified these territories instrumentally based on the geometry of the cultivated fields. Thus, the total area of biotopes suitable for breeding of the EIE was 4971.09 km², and habitats – 55073.86 km² (Fig. 12).

Since we tested the model in the field and found nests of the EIE throughout the entire predicted zone of its potential nesting along the southeastern edge of the sands in the territory surveyed in 2023, we considered validation of the resulting raster using external data sets unnecessary.

Moran's test weight matrix for M4 and M6 was calculated using the 5 nearest neighbors for the EIE presence points used to build the models. Moran I ($M \pm SD$) for M4 0.07 ± 1.18 , expectation -0.02, variance 0.0054, p -value = 0.12) and M6 0.089 ± 1.47 , expectation -0.02, variance 0.0054, p -value = 0.07) showed that the geographic distances between the points of presence of the EIE and



Птенцы орла-могильника, помеченные цветными кольцами Российской сети изучения и охраны пернатых хищников по схеме для Южного Казахстана. Фото И. Карякина.

Eastern Imperial Eagle nestlings, ringed with colored rings of the Russian Raptor Research and Conservation Network according to the scheme for Southern Kazakhstan. Photo by I. Karyakin.

Табл. 2. Сравнение ($M \pm SD$, lim) между 37 переменными, определяющими качество среды для 55 точек присутствия орла-могильника и 55 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 1⁴.

Table 2. Comparison ($M \pm SD$, lim) between 37 environment quality variables for 55 Eastern Imperial Eagle breeding points and 55 random points. The table shows the value of the 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 1⁴ for variable codes.

Переменные Variables	Отличные от случайных Different from random	Включённые в базовую модель (M5) Included in base model (M5)	Точки присутствия Breeding points	Случайные точки Random points
dist-farm	1		1.52±0.91 (0.13–4.41)	4.38±4.37 (0–20.14)
elevation	1	1	483.18±141.47 (171–633)	415.98±118.68 (180–618)
cti		1	0.78±2.16 (-1.18–+9.00)	0.93±1.85 (-1.63–+5.84)
tri	1	1	0.62±0.57 (0.05–2.34)	0.87±0.72 (0.11–3.24)
slope			0.39±0.41 (0.02–1.67)	0.50±0.47 (0.04–1.81)
aspect			141.42±108.23 (0–334.92)	151.69±114.76 (0–344.59)
vrn			0.00001±0.00002 (0.0000001–0.000078)	0.00009±0.0000003 (0.0000003–0.000066)
roughness			1.99±1.85 (0.18–7.20)	2.71±2.3 (0.30–9.59)
tpi			0.09±0.31 (-0.77–+1.46)	0.17±0.55 (-0.42–+3.03)
spi			0.12±0.55 (0.000072–3.19)	0.05±0.17 (0.0001–0.79)
geom	1		1.27±1.01 (1–6)	1.84±1.72 (1–8)
cov	1	1	998.45±448.43 (104–2281)	659.98±421.17 (141–1852)
contrast	1		99821.84±84335.25 (1520–351418)	35321.11±40168.68 (802–187734)
corr			2715.16±1662.68 (-687–+5456)	2318.87±1586.06 (-882–+5432)
dissimilarity	1		22055.96±10429.29 (1520–45471)	11548.64±7594.49 (802–32409)
entropy	1	1	25065.62±4973.95 (5790–29585)	19656.6±6632.19 (2576–28019)
homogeneity	1		4108.07±1600.71 (1935–9240)	6026.29±1817.31 (2896–9599)
maximum	1		1793.13±1384.56 (719–8303)	3190.76±2022.69 (972–9198)
mean	1		2582.64±658.01 (1304–4167)	1964.02±707.41 (1255–3763)
pielou	1	1	8886.65±1397.97 (0–9882)	8357.07±1327.66 (4411–9814)
range	1		897.00±435.95 (50–2188)	469.56±324.37 (62–1245)
shannon	1		17582.40±4709.06 (0–24803)	12772.36±5274.89 (3057–21332)
simpson	1		7702.44±1578.14 (0–9059)	6331.64±1957.20 (1683–8673)
sd	1		262.53±134.43 (14–661)	135.85±96.43 (18–413)
uniformity	1		1158.95±1181.51 (541–7057)	2222.60±1769.52 (652–8635)
variance	1		78148.05±79800.76 (842–374902)	26070.25±32229.86 (361–166797)
WorldCover class (WC)			29.82±10.80 (20–60)	31.09± (20–60)
WC Shrubland	1		0.000009±0.000012 (0–0.000025)	0.000004±0.000009 (0–0.000025)
WC Grassland			0.000015±0.000012 (0–0.000025)	0.000018±0.000011 (0–0.000025)
WC Cropland			0.0000005±0.000003 (0–0.000025)	0.000001±0.000005 (0–0.000025)
WC Bare			0.000003±0.000008 (0–0.000025)	0.000002±0.000006 (0–0.000025)
NDVI_july-2018-2021	1	1	0.29±0.09 (0.11–0.50)	0.20±0.06 (0.13–0.52)
Landsat_blue_july-2018-2021	1	1	0.08±0.02 (0.05–0.14)	0.09±0.02 (0.05–0.12)
Landsat_green_july-2018-2021	1		0.13±0.03 (0.09–0.20)	0.14±0.02 (0.09–0.18)
Landsat_red_july-2018-2021	1		0.16±0.04 (0.09–0.25)	0.17±0.04 (0.09–0.24)
Landsat_NIR_july-2018-2021	1	1	0.28±0.03 (0.22–0.32)	0.26±0.03 (0.19–0.36)
Landsat_SWIR1_july-2018-2021	1		0.32±0.04 (0.25–0.39)	0.33±0.03 (0.23–0.41)
HH_2018-2021	1	1	2337.28±889.1 (1121–4674)	1429.00±304.22 (852–2102)
HV_2018-2021	1	1	947.88±482.23 (234–2090)	468.24±139.77 (257–1059)

Примечания / Notes:

* Расшифровка сокращений и описание переменных доступны в Приложении 1⁴ / Breakdown of abbreviations and description of variables is available in Appendix 1⁴

лесопосадок, непригодных для гнездования орла-могильника в левобережье р. Талас и в долине р. Курагаты, показало важность пескоукрепительных лесопосадок на юго-восточной кромке песков Мойынкум,

которая была обследована в 2023 г. (зона А на рис. 9) и данные по ней существенно уточнили модель распределения вида в Мойынкумах, результаты которой мы описываем ниже.

Для классификации изображений с целью итогового моделирования распространения орла-могильника методом Random Forest (RF) мы подобрали переменные для 6 моделей (Приложение 1⁴⁴):

– Модель 1 (M1) включает Elevation (NASADEM) + Landsat,

– Модель 2 (M2) включает Elevation (NASADEM) + Alos+ Landsat,

– Модель 3 (M3) включает 8 переменных из 3-х продуктов ДЗЗ (NASADEM, Geomorpho90m и Global Habitat Heterogeneity), особо важных по t-критерию Стьюдента ($p < 0,0003$) для выборки точек присутствия и случайных с учётом мультиколлинеарности (в выборке отсутствуют коррелирующие друг с другом переменные), ESA WorldCover 10m v100 и неклассифицированные изображения Alos и Landsat (расчёт NDVI и все каналы за июль 2018–2021 гг.),

– Модель 4 (M4) включает 5 переменных из 3-х продуктов ДЗЗ (NASADEM, Geomorpho90m и Global Habitat Heterogeneity), особо важных по t-критерию Стьюдента ($p < 0,0003$) для выборки точек присутствия и случайных с учётом мультиколлинеарности (в выборке отсутствуют коррелирующие друг с другом переменные) и неклассифицированные изображения Landsat (расчёт NDVI, синий и NIR каналы за июль 2018–2021 гг.),

– Модель 5 (M5, базовая модель) включает 5 перемен-

the predicted values of its distribution model are not random in a positive direction (Fig. 13). At the same time, spatial autocorrelation occurs due to the concentration of eagle nests on the 3rd plot, identified as a result of verified the first version of the model. In the final models, it is significantly better for M6 than for M4 but still requires attention when estimating abundance. Considering the concentration of EIE nests on the southeastern edge of the Moyinqum Sands, we identified this zone separately to estimate abundance (see explanation below).

Population estimate

The EIE breeding biotopes (6.23%) and habitat (4.49%) in Moyinqum Sands were covered in the surveyed plots in 2022–2023. The results of plot surveys are shown in Table 4; the areas of breeding biotopes and habitats of the EIE at the surveyed plots are visualized in Fig. 14. Taking into account the 37 occupied breeding territories identified at the surveyed plots, it can be assumed that the number of EIEs breeding in Moyinqum can be estimated ranging from 320 to 1104 pairs (average 594 pairs) when extrapolated to the total area of suitable habitat ($M \pm SE$ 1.08 ± 0.52 pairs/100 km²). However, in this case, a direct recalculation from surveyed plots to the entire area of suitable habitats is not correct. Firstly, suitable habitats include those with varying degrees of attractiveness for eagles and the density of distribution in them (from Saxaul forests in hilly sands and natural forests along the periphery of floodplain forest to multi-row Elm artificial forest belts). Secondly, eagles try to nest close to farms and this determines the unevenness their distribution in suitable habitats. Thirdly, plot No. 3 with the maximum breeding density of the species was identified during the first stage of modeling and surveyed taking into account knowledge about the expected distribution of eagles on it, which violates the uniformity of the survey of the territory suitable for the EIE. Taking this into account, we made a more rigorous calculation of the EIE population: we separately identified a dense nesting zone along the southeastern edge of the sands (zone A), to which we extrapolated the census data averaged over the 2nd and 3rd plots, and the remaining habitats, in which the species is more dispersed (zone B), to which the census data averaged over plots 1 and 2 were extrapolated.

The breeding density of the EIE on the southeastern edge of the Moyinqum Sands (zone A) was 1.18 ± 0.46 pairs/100 km², including in

<i>t-value</i> (<i>df</i> =108)	<i>p</i>
-4.75447	0.0000
2.69883	0.0081
-0.37998	0.7047
-1.99049	0.0491
-1.38624	0.1685
-0.48280	0.6302
-1.86512	0.0649
-1.81052	0.0730
-1.01439	0.3127
0.87316	0.3845
-2.09763	0.0383
4.08023	0.0001
5.12082	0.0000
1.27901	0.2036
6.03999	0.0000
4.83880	0.0000
-5.87422	0.0000
-4.22863	0.0000
4.74863	0.0000
2.03712	0.0441
5.83370	0.0000
5.04482	0.0000
4.04350	0.0001
5.67842	0.0000
-3.70739	0.0003
4.48761	0.0000
-0.66641	0.5066
2.68826	0.0083
-1.43330	0.1547
-0.58095	0.5625
0.65859	0.5116
5.78239	0.0000
-2.04179	0.0436
-2.10870	0.0373
-2.55116	0.0121
2.88213	0.0048
-1.99170	0.0489
7.16820	0.0000
7.08492	0.0000

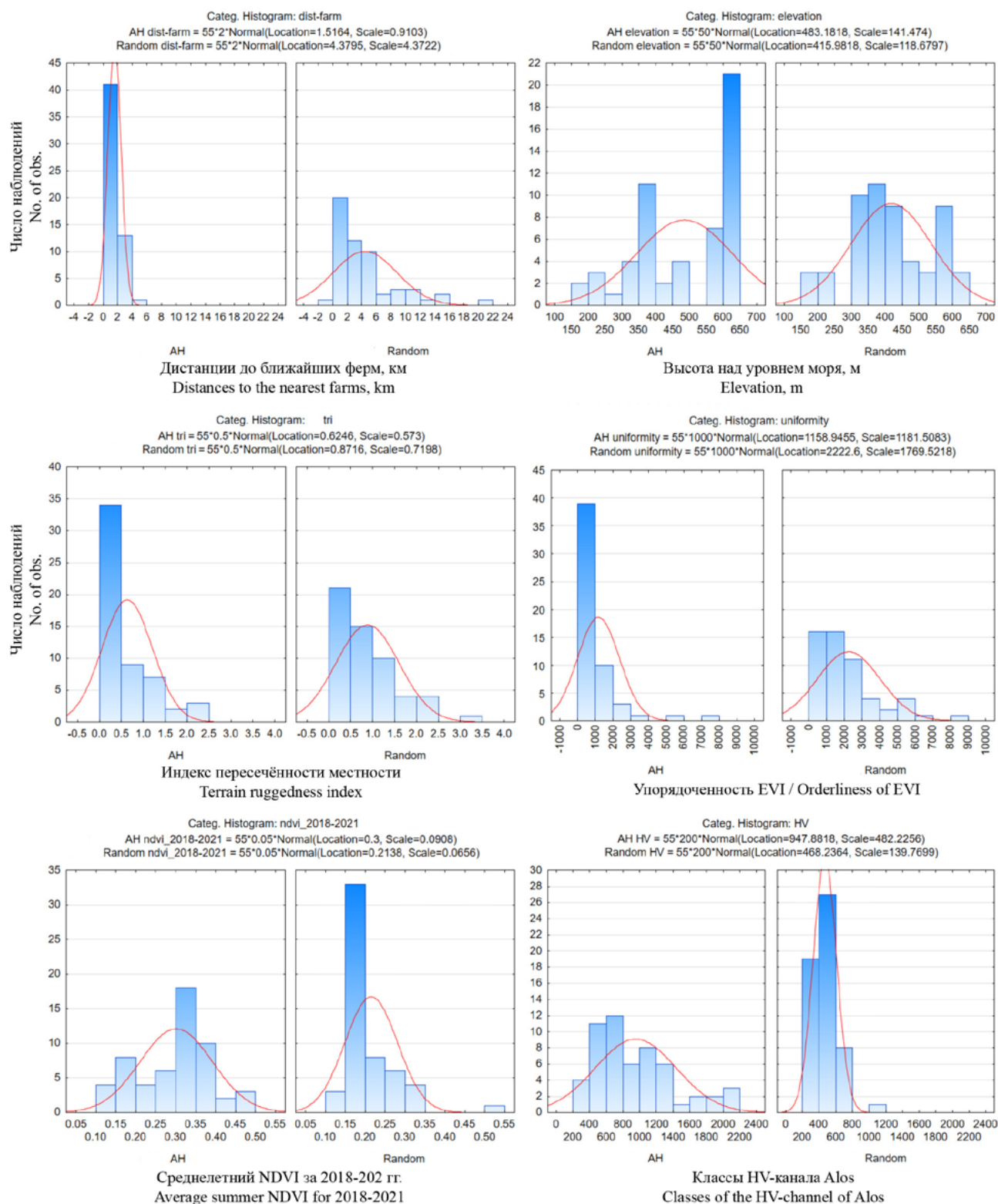


Рис. 8. Гистограммы экологических и ландшафтных переменных для точек присутствия орла-могильника (AH) и случайных точек (Random).

Fig. 8. Histograms of environmental and landscape variables for Eastern Imperial Eagle presence points (AH) and random points (Random).

ных из 3-х продуктов ДЗЗ (NASADEM, Geomorpho90m и Global Habitat Heterogeneity), особо важных по t-критерию Стьюдента ($p < 0.0003$) для выборки точек присутствия и случайных с учётом мультиколлинеарности (в выборке отсутствуют корре-

suitable habitats – 1.55 ± 0.4 pairs/100 km², in the rest of the territory (zone B) – 0.47 ± 0.37 pairs/100 km², including in suitable habitats – 0.56 ± 0.51 pairs/100 km².

Extrapolation of the density of occupied breeding territories of the EIE in suitable habi-

лирующие друг с другом переменные), неклассифицированные изображения Alos и Landsat (расчёт NDVI, синий и NIR каналы за июль 2018–2021 гг.),

– Модель 6 (M6) включает некоррелирующие переменные: 10 переменных из 3-х продуктов ДЗЗ (NASADEM, Geomorpho90m и Global Habitat Heterogeneity), ESA WorldCover 10m v100, канал HH неклассифицированного изображения Alos, расчёт NDVI, синий и NIR каналы за июль 2018–2021 гг. и красный канал за сентябрь 2018–2021 гг. неклассифицированного изображения Landsat.

Перекрыстная проверка показала лучший результат для вероятностных моделей M4, M5 и M6 (табл. 3). Ошибка бэггинга (Out-of-bag Error, OOB) для 20 деревьев RF составила 0,19, 0,19 и 0,15 соответственно (рис. 10). В M4 коэффициенты детерминации регрессии (R^2) по обучающей и тестовой выборкам оказались одинаковыми – 0,78 при AUC-ROC=1. Несмотря на высокие показатели AUC-ROC мы не заметили переобучения модели и существенного снижения результата моделирования на тестовой выборке.

Пригодность среды обитания орла-могильника в разных моделях RF определяли от 6 (M5) до 9 (M6) переменных. Наибольший вклад в M4 внесли каналы Landsat и нормированная дисперсия EVI (cov), в M5 – нормированная дисперсия EVI (cov) наряду с неупорядоченностью EVI (entropy), NDVI, рассчитанный по июльским изображениям Landsat за 2018–2021 гг., NIR-канал Landsat и HV-канал Alos, в M6 – каналы Landsat и NDVI, HH-канал Alos, нормированная дисперсия EVI и линейная зависимость EVI от

tats on surveyed plots in the dispersed distribution zone ($M \pm SE$: 0.56 ± 0.51 pairs/100 km², asymmetrical confidence interval from 0.31 to 0.89 pairs/100 km²) to the area of similar habitats in Moyinqum (zone B – 52146.78 km²) suggests breeding from 160 to 464 pairs, with an average of 294 pairs. In the habitats of the southeastern edge of the sands (zone A – 2927.08 km²), where the species is distributed with high density (1.55 ± 0.4 pairs/100 km², asymmetrical confidence interval from 0.93 to 2.13 pairs/100 km²) the abundance is estimated at 27–62, on average 45 pairs. But 33 pairs (73.33%) have already been found and information about the nesting of another 4 pairs is available from data from other ornithologists (Nukusbekov M., Gubin B., pers. com.). Thus, in the entire territory designated as the habitat of the EIE in Moyinqum Sands, according to a separate recalculation of plot survey data, 187 to 526 pairs of eagles can nest, with an average of 339 pairs (Table 5).

Calculation of abundance by the method of generating random points for a given range of distances between nearest neighbors based on a regular network (RPG) with validation using surveyed plots makes it possible to fit into the contour of breeding biotopes of the EIE from 91 to 301 points (on average 130): for zone A – 58–98, on average 73 ± 7.57 , for zone B – 33–203, on average 57 ± 30.25 (Table 6). The best validation in zone A was shown by a layer with a set of 85 points (tPS=24, tEP=0.042, vEP=0) with a minimum and average distance between nearest neighbors of 2.51 and 5.08 km, respectively, in zone B – from 86 points (tPS=8, tEP=-0.375, vEP=0) with the minimum and average distances between nearest neighbors being 15.82 and 20.63 km, respectively. A total of 171 possible breeding territories of the EIE were generated for the study area with the best validation using surveyed plots (Fig. 15).

Рис. 9. Результаты классификации Alos и Landsat на предмет выделения древесно-кустарниковых насаждений (естественных и искусственных), в которых возможно гнездование орла-могильника, на начальном этапе моделирования распространения вида в 2022 г. (пиксели ранжированы по вероятности отнесения территории к покрытой деревьями и кустарниками более чем на 20% без градации по возрасту растительности). Зона А – территория, обследованная в 2023 г.

Fig. 9. Alos and Landsat classification results for identifying tree and shrub plantings (natural and artificial) in which possible breeding the Eastern Imperial Eagles – the initial stage of the species distribution modeling in 2022 (pixels are ranked according to the probability of classifying the territory as covered with trees and shrubs more than 20% without gradation by vegetation age). Zone A – territory surveyed in 2023.

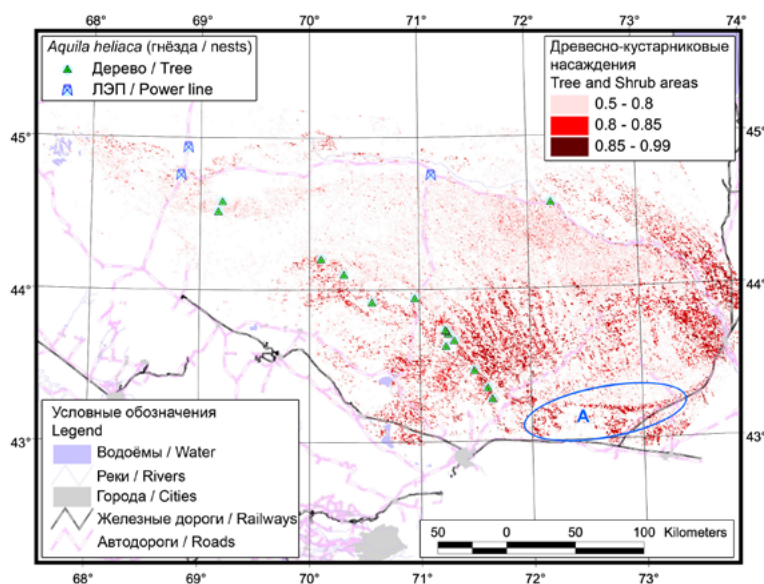


Табл. 3. Результаты кросс-валидации моделей. Жирным шрифтом выделены лучшие модели.

Table 3. Results of models cross-validation. Bold indicates the best models.

Код модели Code of model	Кoeffициент детерминации регрессии по обучающей выборке Training regression R2	Кoeffициент детерминации регрессии по тестовой выборке Validation regression R2	Ошибка бэггинга для 20 деревьев RF Out-of-bag Error for 20 trees of RF	Max Kappa	Max Kappa cutoff	Max ccr	Max ccr cutoff
M1 PROB	0.91	0.78	0.47	0.17	0.72	58.33	0.85
M1 REGR	0.88	0.81	0.48	0.34	0.72	50.00	0.85
M2 PROB	0.93	0.73	0.50	0.21	0.72	66.67	0.88
M2 REGR	0.95	0.79	0.59	0.38	0.84	50.00	0.92
M3 PROB	0.94	0.76	0.56	0.18	0.78	58.33	0.89
M3 REGR	0.97	0.83	0.61	0.34	0.78	58.33	0.89
M4 PROB	1.00	0.78	0.78	0.19	0.92	66.67	0.97
M4 REGR	0.96	0.80	0.61	0.36	0.86	45.83	0.94
M5 PROB	1.00	0.79	0.73	0.19	0.93	58.33	0.97
M5 REGR	1.00	0.80	0.70	0.39	0.93	50.00	0.97
M6 PROB	0.99	0.82	0.72	0.15	0.91	58.33	0.96
M6 REGR	0.97	0.82	0.63	0.34	0.83	45.83	0.92

Расшифровка сокращений / Abbreviations:

PROB – Вероятность / Probability, REGR – Регрессия / Regression, RF – Random Forest.

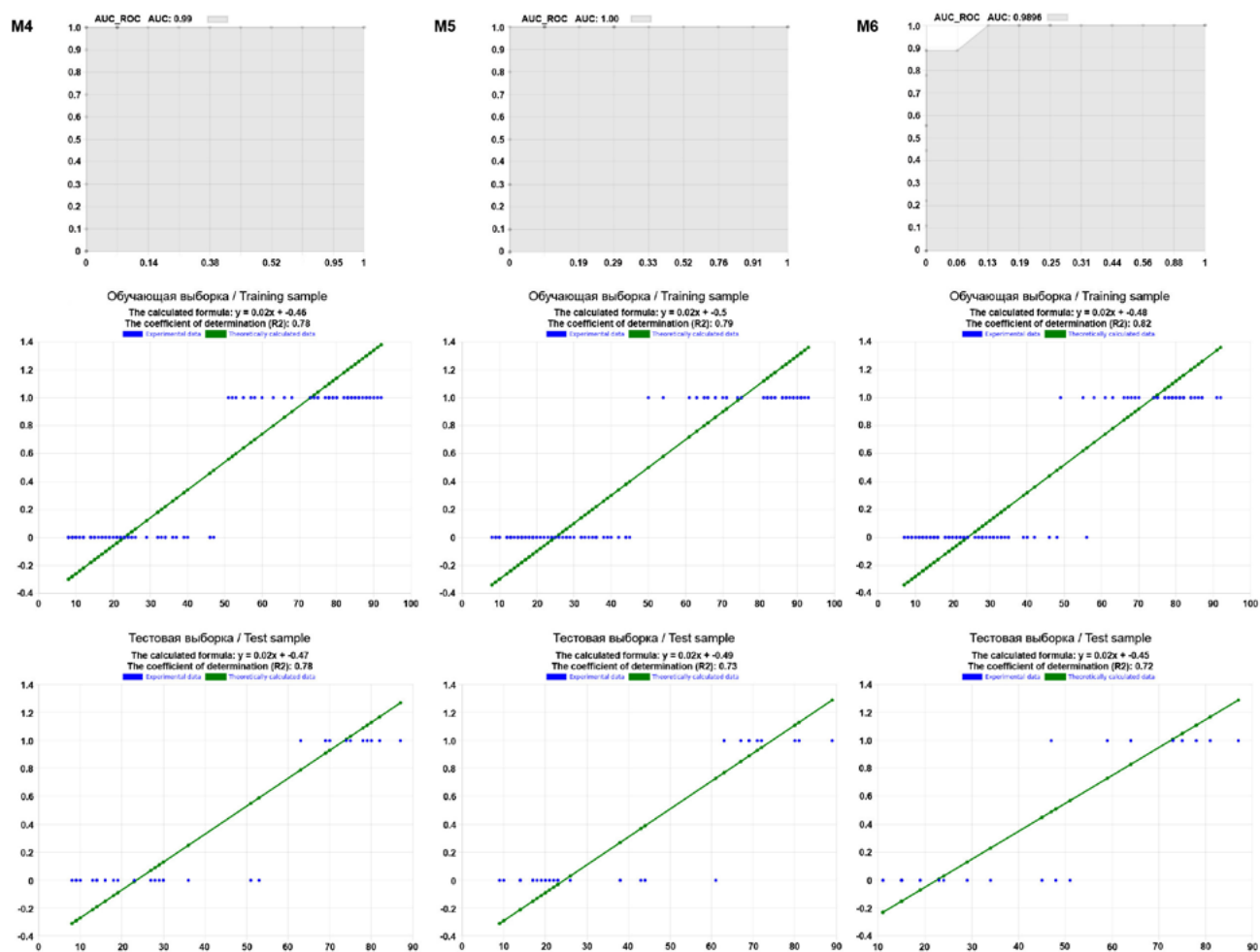
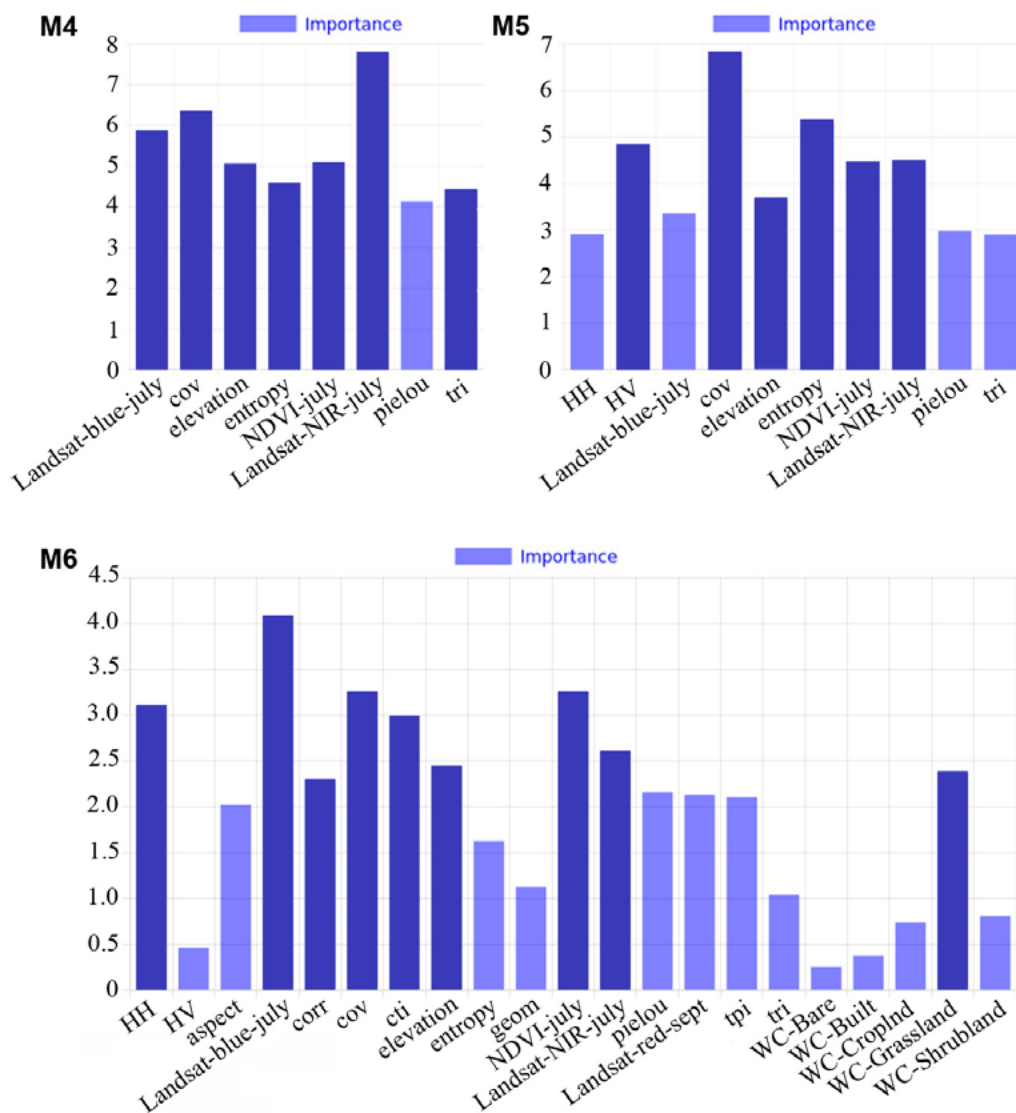


Рис. 10. Графики регрессии по обучающей и тестовой выборкам и оценки точности модели посредством AUC-ROC для вероятностных моделей M4(слева), M5 (в центре) и M6 (справа) в Random Forest.

Fig. 10. Graphs of regression on training and test samples and estimates of model accuracy by AUC-ROC for probability M4–M6 of Random Forest.

Рис. 11. Оценка важности переменных в Random Forest для моделей М4–М6. Тёмной заливкой выделены особо важные переменные (более 50% вклада в модель).

Fig. 11. Estimating the importance of variables in Random Forest for models M4–M6. Particularly important variables (more than 50% contribution to the model) are highlighted with dark color.



соседних пикселей (corr), составной топографический индекс (cti) и высота над уровнем моря (elevation), а также классифицированные травяные сообщества в ESA WorldCover. Во всех трёх моделях важный вклад в положительные классификации внесли Landsat и нормированная дисперсия EVI (рис. 11). Это было ожидаемо и хорошо согласуется с неслучайностью выбора орлами гнездовых биотопов, что подтверждено выше с помощью t-критерия Стьюдента.

Мы усреднили результаты М4 и М6 и вывели результирующий растр по вероятности присутствия орла-могильника в диапазоне от 75% до 100%; (рис. 12). Площадь гнездопригодных для орла-могильника биотопов, согласно этому классифицированному изображению, составила 5086,52 км² – 1634 кластера площадью от 0,07 до 279,88 км², в среднем 0,48±3,21 км². Площадь местообитаний орла-могильника определена на основа-

For the most accurate validation of a network of points for 43 locations of real EIE breeding territories, Thiessen polygons were constructed. The total area occupied by Thyssen polygons was 5631.28 км². The area of territory per 1 breeding territory of eagles (Thyssen polygon) varied from 11.39 to 468.10 км², averaging ($n=43$) 130.96 ± 124.61 км² (median = 76.37 км²), including for zone A – 11.39–384.46, on average ($n=33$) 84.32 ± 78.76 км² (median = 55.97 км²) and for zone B – 99.60–635.21, on average ($n=11$) 316.73 ± 160.17 км² (median = 318.56 км²).

The RPG method with validation using Thiessen polygons makes it possible to fit into the contour of biotopes suitable for the breeding of the EIE from 79 to 296 points (on average 116): for zone A – 51–100, on average 67 ± 10.61 , for zone B – 28–196, average 49 ± 28.11 (Table 6). The best validation with the maximum level of coincidence with Thiessen polygons built around real EIE breed-

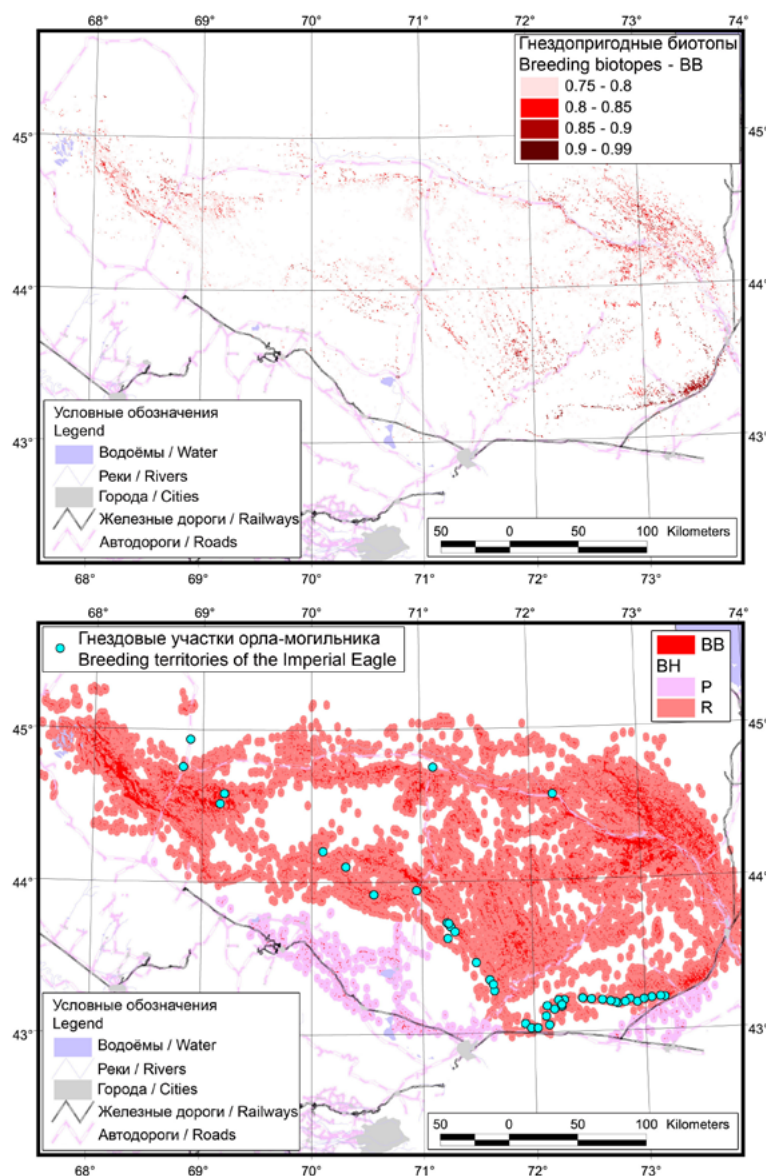


Рис. 12. Карта гнездопригодных биотопов и местообитаний орла-могильника в Мойынкумах: вверху – гнездопригодные биотопы, ранжированные по вероятности присутствия в них орлов, внизу – гнездопригодные биотопы (BB) и местообитания (BH) орлов-могильников, разбитые на 2 класса (R – реальные и P – потенциальные) для целей расчёта численности.

Fig. 12. Map of suitable breeding biotopes and habitats of Eastern Imperial Eagle (IE) in Moyinkum Sands: upper – suitable breeding biotopes, ranked by probability of species presence, bottom – suitable breeding biotopes (BB) and habitats (BH) of the IE, divided into 2 classes (R – real and P – potential) to calculate population numbers.

ing territories in zone A was shown by a layer with a set of 70 points ($tPS=27$, $tEP=0.037$, $vEP=0$) with a minimum and average distance between nearest neighbors of 3.07 and 5.42 km, respectively, in zone B – from 92 points ($tPS=10$, $tEP=-0.3$, $vEP=0$) with a minimum and average distance between nearest neighbors of 12.37 and 16.66 km, respectively. In total, for the study area with the best validation using Thiessen polygons, 162 points of supposed breeding territories of the EIE were generated (Fig. 15).

The distribution of distances between nearest neighbors in the resulting sets of points for the best (in terms of matching with real breeding territories) model with validation using Thiessen polygons and using surveyed plots is shown in Fig. 16.

Thus, the abundance estimate of the EIE for the best model with validation using Thiessen polygons varied from 79 to 296 breeding pairs (confidence interval based on 100 RPC runs), average 162 pairs in the pair of best iterations for zones A and B.

The distribution map of points for estimating the abundance of the EIE in Moyinkum Sands based on the best model with validation using Thiessen polygons is shown in Fig. 15(3), the distribution density map of these points, built with a search radius of 25 km, is shown in Fig. 17.

We improved the result of estimating the abundance of the EIE by making adjustments to the distribution of points simulating breeding territories of this species by the methodology. To do this, we verified a combined layer of 162 points generated for zones A and B by the models that showed the best validation result using Thiessen polygons. Of the 55 points (33.95% of the total number generated) that fell into places visited by us or other researchers, for 49 (89.09%, $n=55$) the presence of the EIE was confirmed by the discovery of nests or sightings of birds – see Fig. 15(4). When verifying the pattern of gen-

нии половины средней дистанции между ближайшими соседями (3,14 км) и составила 61053,3 км² – единый крупный кластер площадью 51205,97 км², 2-й также довольно большой кластер площадью 2259,26 км² и 109 кластеров площадью от 25,8 до 655,21 км², в среднем $69,62 \pm 82,75$ км².

В качестве пригодных для гнездования орла-могильника биотопов выделился достаточно крупный массив лесополос и искусственных лесонасаждений, расположенный в удалении от песков в левобережье р. Талас и на подгорной равнине в подножии Киргизского хребта между песками и горами в левобережье р. Чу на территории, интенсивно осваиваемой для нужд сельского хозяйства (524 кластера от 0,12 до 1,46 км² общей площадью 115,43 км²). Такие биотопы реально являются гнездопригодными для орлов в Восточном При-

балхашье, но на рассматриваемой нами территории орлы не столь толерантны к фактору беспокойства и не гнездятся в лесополосах, окружённых возделываемыми полями. Поэтому эти участки мы вырезали из основного контура гнездопригодных для орлов-могильников биотопов и местообитаний, классифицировав их как потенциальные, в которые орлы могут проникнуть при наращивании численности. Выделили мы эти территории инструментально по геометрии возделываемых полей. Таким образом, итоговая площадь гнездопригодных для орла-могильника биотопов составила 4971,09 км², местообитаний – 55073,86 км² (рис. 12).

Так как мы провели проверку модели в полевых условиях и нашли гнёзда орла-могильника во всей предсказанной зоне его потенциального гнездования вдоль юго-восточной кромки песков на обследованной в 2023 г. территории, то посчитали валидацию результирующего раstra по внешним наборам данных излишней.

Матрица весов теста Морана для M4 и M6 была рассчитана по 5 ближайшим соседям для точек присутствия орла-могильника, по которым строились модели. Индекс Морана ($M \pm SD$) для M4 (Moran I $0,07 \pm 1,18$, expectation -0,02, variance 0,0054, p -value = 0,12) и M6 (Moran I $0,089 \pm 1,47$, expectation -0,02, variance

erated points, a potential breeding territory was considered confirmed if the nest found on it or observed eagles were located from the verified point no further than half the average distance between nearest neighbors defined for this territory. That is, points lying in zone A were verified according to the distance between the nearest neighbors in zone A, and points lying in zone B were verified according to the distance between the nearest neighbors in zone B. Six points (10.91%, $n=55$) turned out to be erroneous, which were generated in the surveyed plots and fell between the identified breeding territories, where the presence of the EIE was not detected either on the first or on the second visit. At the same time, only 2 real breeding territories turned out to be not covered by generated points in the fully surveyed territories known to us (1 breeding territory on plot No. 3 and 1 breeding territory outside the plots on a electric pole near the Chu river, which, due to its landscape characteristics, did not even fall into the contour suitable for EIE habitats). We subtracted the share of erroneous points from the average and maximum values of the layers of points for zones A (-10.53%) and B (-5.88%). Thus, according to the verified model with better validation based on the Thiessen polygons, the number of EIEs in the Moyinqum Sands can be estimated in the range from 79 to 275 pairs, average 150 pairs.

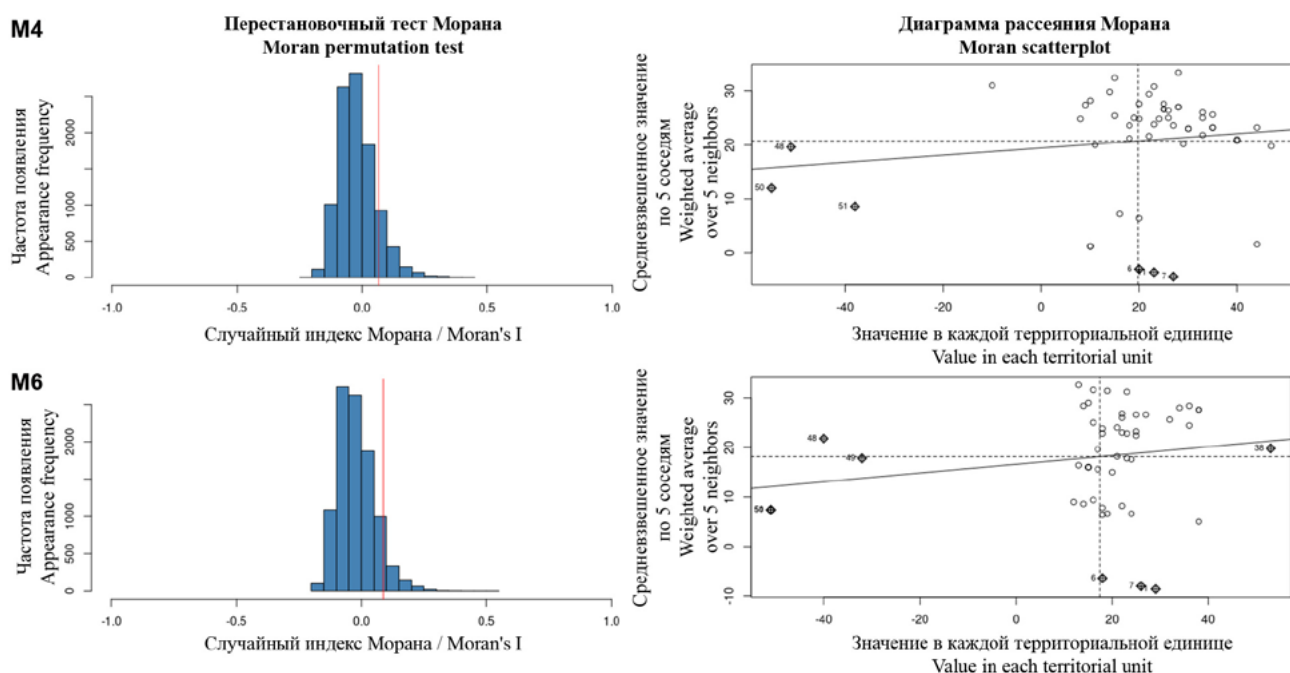


Рис. 13. Диаграммы перестановочного теста Морана (слева) и рассеяния Морана для точек присутствия орла-могильника и предсказанных значений модели (справа) для M4 (вверху) и M6 (внизу).

Fig. 13. Permutation plots of Moran's test (left) and Moran's scatterplots for Eastern Imperial Eagle presence points and model predicted values (right) for M4 (upper) and M6 (bottom).

0,0054, p -value = 0,07) показал, что географические расстояния между точками присутствия орла-могильника и предсказанными значениями модели его распространения не случайны в положительную сторону (рис. 13). В то же время пространственная автокорреляция имеет место за счёт концентрации гнёзд орлов на 3-й площадке, выявленных в результате проверки первой версии модели. В итоговых моделях она существенно лучше для М6, чем для М4, но всё же требует внимания при оценке численности. Учитывая концентрацию гнёзд орлов-могильников на юго-восточной кромке Мойынкумов, мы выделили эту зону отдельно для целей расчёта численности (пояснение см. ниже).

Расчёт численности

Учётными площадками в 2022–2023 гг. было покрыто 6,23% местообитаний и 4,49% гнездопригодных биотопов орла-могильника в Мойынкумах. Результаты площадочных учётов отражены в таблице 4, площади гнездопригодных биотопов и местообитаний орла-могильника на площадках визуализированы на рисунке 14. Учитывая 37 занятых гнездовых участков, выявленных на учётных площадках, можно предполагать, что средняя численность орла-могильника на гнездовании в Мойынкумах может быть оценена в диапазоне от 320 до 1104 пар (в среднем 594 пары) при экстраполяции на общую площадь пригодных местообитаний ($M \pm SE$ 1,08 $\pm$ 0,52 пар/100 км²). Однако, в данном случае прямой пересчёт с учётных площадок на всю площадь пригодных местообитаний не

Having calculated nest mortality from the array of generated points according to 2022 data (44.44%), we obtained a population estimate of 35–122, average 67 successful pairs by the time the broods collapse.

From the population estimates obtained by two different methods, it is clear that given the fragmentation and heterogeneity of breeding biotopes and habitats of the EIE that we have in Moyinqum, the RPG method gives smaller errors in population estimate.

Thus, we accept the estimate of the EIE population in Moyinqum Sands as 79–275, average 150 breeding pairs, and 35–122, average 67 successful pairs, as the final one based on the results of our study.

Review of the ecology of the Eastern Imperial Eagle according to our and other published data

Seasonality of observations according to published sources

In the Moyinqum Sands and adjacent territories, 154 observations of imperial eagles of different statuses are currently known: 83 observations were collected from literary sources and our data, and 71 observations were taken from birds.kz (Kolbintsev, Chalikova, 2002; Chalikova, Kolbintsev, 2006; Dzhusupov, 2017; Kovalenko *et al.*, 2002a; 2002b; Erokhov *et al.*, 2006; Kovalenko, 2006; Gavrilo *et al.*, 2004; Karyakin, Barabashin, 2006; Gavrilo, Gavrilo, 2006; Kolbintsev, 2007; Kovalenko, Kravchenko, 2007; Kovalenko, Karpov, 2008; Chalikova, 2009; Karpov, Panov, 2009; Putyatin, 1986; Kovshar, 1986; Khrokov, 2011; Gavrilo, Kolbintsev, 2004; Gavrilo *et al.*, 2017; Gavrilo, Gistsov, 1985;

Табл. 4. Результаты учёта гнездящихся орлов-могильников на площадках в 2022–2023 гг. Код площадки, соответствует таковому на рис. 1.

Table 4. Results of breeding Eastern Imperial Eagles surveying on plots in 2022–2023. Code of plot, corresponds to that in fig. 1.

Код площадки Code of plot	Площадь, км ² Area, km ²			Занятые гнездовые участки Occupied breeding territories	Плотность, пар/100 км ² Density, pairs/100 km ²			Успешные гнёзда на момент первой проверки Successful nests at the time of first observation	Плотность, пар/100 км ² Density, pairs/100 km ²		
	PI	BH	BB		PI	BH	BB		PI	BH	BB
1 (зона В)	1368.0	1295.1	90.28	4	0.29	0.31	4.43	3	0.22	0.23	3.32
2 (зона А)	1401.8	1011.3	64.56	9	0.64	0.89	13.94	3	0.21	0.30	4.65
3 (зона А)	1383.3	1124.2	68.19	24	1.73	2.13	35.20	21	1.52	1.87	30.80
Σ или $M \pm SE$ по зоне А					1.18	1.55	24.86		0.86	1.12	18.08
Σ or $M \pm SE$ for A zone	2785.1	2135.5	132.8	33	±0.46	±0.40	±0.43	24	±0.76	±0.70	±0.72
Всего или $M \pm SE$					0.89	1.08	16.59		0.65	0.79	12.11
Total or $M \pm SE$	4153.1	3430.6	223.02	37	±0.49	±0.52	±0.57	27	±0.67	±0.68	±0.71

Расшифровка сокращений / Abbreviations:

PI – Площадки / Surveyed plots, BH – Гнездопригодные местообитания / Suitable breeding habitats, BB – Гнездопригодные биотопы / Suitable breeding biotopes.

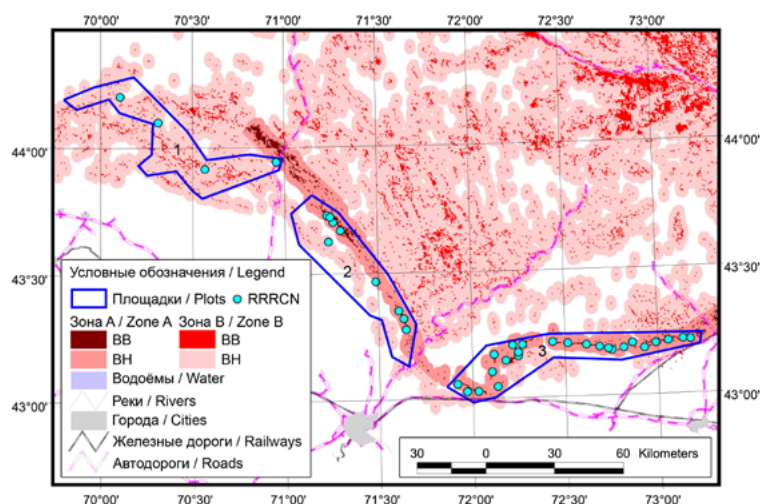


Рис. 14. Гнездопригодные биотопы и местообитания орла-могильника на площадках в Мойынкумах. Условные обозначения: RRRCN – гнездовые участки орла-могильника, выявленные в 2022–2023 гг в рамках программы Российской сети изучения и охраны пернатых хищников (нумерация площадок соответствует таковой на рис. 1 и в табл. 1 и 4), BB – гнездопригодные для орла-могильника биотопы, BH – пригодные для орла-могильника местообитания.

Fig. 14. Imperial Eagle breeding biotopes and habitats on plots in Moyinkum Sands. Legend: RRRCN – Eastern Imperial Eagle breeding territories identified in 2022 and 2023 within the framework of the Russian Raptor Research and Conservation Network (the numbering of plots corresponds to those in Fig. 1 and Tables 1 and 4), BB – Eastern Imperial Eagle breeding biotopes, BH – Eastern Imperial Eagle habitats.

корректен. Во-первых, в пригодные местообитания объединены таковые с разной степенью привлекательности для орлов и плотностью распределения в них (от саксаульников в бугристых песках и естественных лоховников по периферии пойменных лесонасаждений до многоядных вязовых пескоукрепительных лесополос), во-вторых, тяготение орлов к фермам определяет неравномерность их распространения по пригодным местообитаниям, в-третьих, площадка № 3 с максимальной плотностью гнездования вида была выделена в ходе первого этапа моделирования и обследовалась с учётом знаний о предполагаемом распространении на ней орлов, что нарушает равномерность обследования пригодной для обитания вида территории. Учитывая это, мы сделали более строгий расчёт численности орла-могильника: выделили отдельно зону плотного гнездования вдоль юго-восточной кромки песков (зона А), на которую экстраполировали учётные данные, усреднённые по 2-й и 3-й площадкам, и остальные местообитания, в которых вид распространён более дисперсно (зона В), на которые экстраполировали учётные данные, усреднённые по 1-й и 2-й площадкам.

Плотность гнездования орла-могильника на юго-восточной кромке Мойынкумов (зона А) составила $1,18 \pm 0,46$ пары/100 км², в том числе в пригодных местообитаниях – $1,55 \pm 0,4$ пары/100 км², на остальной территории (зона В) – $0,47 \pm 0,37$ пары/100 км², в том числе в пригодных местообитаниях – $0,56 \pm 0,51$ пары/100 км².

Экстраполяция плотности занятых гнездовых участков орла-могильника в пригодных местообитаниях на площадках в зоне дисперсного распределения ($M \pm SE$: $0,56 \pm 0,51$ пар/100 км², несимметричный

Shevchenko, 1948; Kovshar, 1966, 2019; Gubin 2018; 2020; Karyakin *et al.*, 2021; Amirekul *et al.*, 2022; Karyakin *et al.*, 2023). Of these, 19 observations contain information about nests or clutches, 139 – information about observations of eagles. The largest number of observations occurs in March, the smallest in July ($n=150$, Fig. 18). Approximately the same number of observations of imperial eagles was made by bird observers in all seasons ($n=152$): 21.05% – in the winter season (December–February); 22.37% – in spring migration (March); 28.95% – during the nesting period (April–August); 27.63% – during autumn migration (September–November).

Excluding nestlings in nests, observers encountered 195 EIEs of various ages, for 98 individuals the age was determined: 4 juveniles in the first year, 34 immatures, and 60 adults. In the winter season (December–February), 60% of the observed birds were adults, and 40% were immature ($n=25$). During spring migration (March), 70.97% of observed eagles were adults, and 29.03% were immature ($n=31$). During the nesting period (April–August), 68.18% of observed eagles were adults, and 31.82% were immature ($n=22$). During the autumn migration (September–November), 40% of the eagles observed were adults, 40% were immature, and 20% were first-year juveniles ($n=20$).

The dip in the occurrence of eagles in the summer months suggests that bird lovers, who made most of the observations, did not visit the nesting sites of the EIE during the hottest months of the year. But at this time in the study area, the occurrence of non-breeding birds is probably also low.

From the above, we conclude that in the territory under consideration the EIE is found all year round and the nature of its stay is not limited to breeding, post-breeding move-

Табл. 5. Результаты оценки численности орла-могильника в Мойынкумах по данным площадочных учётов.

Table 5. Results of the Eastern Imperial Eagle abundance estimation for the Moyinqum Sands based on counting plots data.

	Плотность в местообитаниях, пар/100 км ² Density in habitats, pairs/100 km ²	Площадь местообитаний, км ² Area of habitats, km ²	Численность Population number
Зона А / Zone A	1.55±0.40 (0.93–2.13)*	2927.08	45 (27–62)
Зона В / Zone B	0.56±0,51 (0.31–0.89)**	52146.78	294 (160–464)
Всего / Total	1.08±0.52 (0.58–2.00)	55073.86	339 (187–526)

Примечания / Notes:

* – средняя плотность в местообитаниях посчитана по площадкам №№ 2 и 3 / The average density in habitats was calculated on plots No. 2 and 3,

** – средняя плотность в местообитаниях посчитана по площадкам №№ 1 и 2 / The average density in habitats was calculated on plots No. 1 and 2.

доверительный интервал от 0,31 до 0,89 пар/100 км²) на площадь аналогичных местообитаний в Мойынкумах (зона В – 52146,78 км²) предполагает гнездование от 160 до 464 пар, в среднем 294 пары. В местообитаниях юго-восточной кромки песков (зона А – 2927,08 км²), где вид распределён с высокой плотностью (1,55±0,4 пары/100 км², несимметричный доверительный интервал от 0,93 до 2,13 пар/100 км²) численность оценена в 27–62, в среднем 45 пар, но при этом 33 пары (73,33%) уже найдены и информация о гнездовании ещё 4-х пар имеется по опросным данным (Нукусбеков М., Губин Б., личн. сообщ.). Таким образом, на всей территории, выделенной в качестве местообитаний орла-могильника в Мойынкумах, по данным раздельного пересчёта данных площадочных учётов может гнездиться от 187 до 526 пар орлов, в среднем 339 пар (табл. 5).

Расчёт численности методом генерации случайных точек по заданному диапазону дистанций между ближайшими соседями на основе регулярной сети (ГСЧ) с валидацией по площадкам позволяет вписать в контур гнездопригодных биотопов орла-могильника от 91 до 301 точки (в среднем 130): для зоны А – 58–98, в среднем 73±7,57, для зоны В – 33–203, в среднем 57±30,25 (табл. 6). Лучшую валидацию по зоне А показал слой с набором из 85 точек (tPS=24, tEP=0,042, vEP=0) при минимальной и средней дистанциях между ближайшими соседями 2,51 и 5,08 км соответственно, по зоне В – из 86 точек (tPS=8, tEP=-0,375, vEP=0) при минимальной и средней дистанциях между ближайшими соседями 15,82 и 20,63 км соответственно. Всего для исследуемой территории с лучшей валидацией по площадкам сгенерирована 171 точка предполагаемого гнездования орла-могильника (рис. 15).

ments, and migration, but includes wintering, and, most likely, wintering of birds from more northern populations.

Based on tracking data using ARGOS/GPS transmitters and GPS/GSM trackers, the timing of the migration of EIEs (from the Altai-Sayan region of Russia) through Karatau was determined (Karyakin *et al.*, 2021). The spring migration of first-year eagles, regardless of the distance of wintering grounds from Karatau, occurred in a fairly narrow period from April 5 to April 12. The EIE, which chose a landfill on the outskirts of Shymkent for wintering, in the second and subsequent years migrated through Karatau from February 23 to March 6, apparently determining the beginning of the migration of sub-adult and adult birds returning from cold wintering grounds. The autumn migration of EIEs took place from October 17 to November 28, with first-year birds passing through Karatau until November 4, and in subsequent years migrating at a later date – from November 2 to November 28 (Karyakin *et al.*, 2021).

M.N. Korelov (1962) writes that the EIE appears in the south in the spring in the second half of March, and autumn movement to the south begins in September, in October it is already clearly visible, and ends only at the end of November.

A.F. Kovshar (2019) writes that the spring migration of EIEs in the western Tien Shan occurs in March and April, and the autumn migration – in September–October. In the Aksu-Dzhabagly State Nature Reserve, V.V. Shevchenko (1948) captured the first eagle on the spring migration on March 10, 1945. On Chokpak, the earliest sighting was recorded on April 6, 2002 (Kovalenko *et al.*, 2002a). B.M. Gubin (2018) points to the earliest meeting of the EIE on February 10, 2009 (between the villages of Shayan and Boraldai) and notes the migration of adult and young birds in Bet-

Для наиболее точной валидации сети точек по 43 локациям реальных гнездовых участков орла-могильника были построены полигоны Тиссена. Общая площадь, занятая полигонами Тиссена составила 5631,28 км². Площадь территории, приходящейся на 1 гнездовой участок орлов (полигон Тиссена), варьировала от 11,39 до 468,10 км², составив в среднем ($n=43$) $130,96 \pm 124,61$ км² (медиана = 76,37 км²), в том числе для зоны А – 11,39–384,46, в среднем ($n=33$) $84,32 \pm 78,76$ км² (медиана = 55,97 км²) и для зоны В – 99,60–635,21, в среднем ($n=11$) $316,73 \pm 160,17$ км² (медиана = 318,56 км²).

Метод ГСЧ с валидацией по полигонам Тиссена позволяет вписать в контур гнезодпригодных для орла-могильника биотопов от 79 до 296 точек (в среднем 116): для зоны А – 51–100, в среднем $67 \pm 10,61$, для зоны В – 28–196, в среднем $49 \pm 28,11$ (табл. 6). Лучшую валидацию с максималь-

пакдала on March 19, 2009. For the middle reaches of the Syrdarya, he describes the earliest meetings of the EIE on the spring migration on February 22, 2017.

In the foothills of the Kyrgyz Alatau, an intensive flight of imperial eagles took place on October 26 (Korelov, 1962). In the Aksu-Dzhabagly Nature Reserve at the Chokpak Gate, the latest autumn migration of eagles, incl. burial grounds, was observed on November 2, 1961 (Kovshar, 1966). In the middle reaches of the Syrdarya in 2003, the first EIE on the autumn migration was recorded on September 19, and the last on November 21 (Gubin, 2020).

M.N. Korelov (1962) writes that the EIE in the south of Kazakhstan begins breeding in early April, but the timing of breeding varies depending on the conditions of the year. E.P. Spangenberg collected 2 clutches of 2 unhatched eggs in the northwestern spurs of Karatau ridge on April 3, 1930 (Dzhusupov,

Табл. 6. Результаты оценки численности орла-могильника в Мойынкумах методом генерации случайных точек по заданному диапазону дистанций между ближайшими соседями на основе регулярной сети.

Table 6. Results of the Eastern Imperial Eagle abundance estimation for the Moyinqum Sands by the method of generating random points over a given range of distances between the nearest neighbors based on a regular network.

Территория Territory	Валидационные площадки Validation plots	Доверительный интервал числа сгенерированных точек The confidence interval of the number of generated points				Результаты проверки паттерна точек по тренировочным и валидационным площадкам Results of checking the pattern of points on training and validation plots			
		Min	Max	$M \pm SD$	BVC	aVD	aVAD	aTD	aTAD
Зона А	PT	51	100	67 ± 10.61	70	-0.114	0.328	-0.088	0.169
	PI	58	98	73 ± 7.57	85	0.043	0.255	0.118	0.175
Зона В	PT	28	196	49 ± 28.11	92	-0.716	0.750	-0.795	0.795
	PI	33	203	57 ± 30.25	86	-0.710	0.721	-0.792	0.792
Итог Total	PT	79	296	116	162				
	PI	91	301	130	171				

Расшифровка сокращений / Abbreviations:

PT – Полигоны Тиссена / Thiessen polygons; PI – Площадки целиком / Entire plots;

$M \pm SD$ – Среднее $\pm$ Стандартное отклонение / Mean (Average) $\pm$ Standard Deviation; BVC – Лучший результат валидации / Best Validation Score;

aVD «averageValidationDeviation» – среднее по всем итерациям значение «validatingErrorPercent» / average over all iterations «validatingErrorPercent»;

aVAD «averageValidationAbsDeviation» – среднее по модулю по всем итерациям значение vEP «validatingErrorPercent», которое рассчитывается по формуле $vEP = (iVA - vPS) / vPS$, где iVA «inValidationArea» – количество точек, попавших в валидационные площадки, vPS «validationPointsSize» – количество реальных точек присутствия в валидационных площадках / module average over all iterations «validatingErrorPercent», which is calculated by the formula $vEP = (iVA - vPS) / vPS$, wherein iVA «inValidationArea» – number of points that fell into validation areas, vPS «validationPointsSize» – number of real presence points at validation sites;

aTD «averageTrainingDeviation» – среднее по всем итерациям значение tEP «trainingErrorPercent», которое рассчитывается по формуле $tEP = (tPS - iTA) / iTA$, где tPS «trainingPointsSize» – количество реальных точек присутствия в тренировочных валидационных площадках, iTA «inTrainingArea» – количество точек, попавших в тренировочные валидационные площадки / average over all iterations tEP «trainingErrorPercent», which is calculated by the formula $tEP = (tPS - iTA) / iTA$, wherein tPS «trainingPointsSize» – number of real presence points in training validation sites, iTA «inTrainingArea» – number of points falling in training validation areas;

aTAD – «averageTrainingAbsDeviation» – среднее по модулю по всем итерациям значение «trainingErrorPercent» / module average over all iterations «trainingErrorPercent».

ным уровнем совпадения с полигонами Тиссена, построенными вокруг реальных гнездовых участков, по зоне А показал слой с набором из 70 точек ($tPS=27$, $tEP=0,037$, $vEP=0$) при минимальной и средней дистанциях между ближайшими соседями 3,07 и 5,42 км соответственно, по зоне В – из 92 точек ($tPS=10$, $tEP=-0,3$, $vEP=0$) при минимальной и средней дистанциях между ближайшими соседями 12,37 и 16,66 км соответственно. Всего для исследуемой территории с лучшей валидацией по по

2017). В.М. Gubin (2018) on March 31, 2015, inspected one nest with a full clutch in Betpakdala, and on April 1, 2015, inspected three more nests with a similar condition of the clutches.

Nests

Literary sources, websites and databases provide 19 observations that contain information about nests or clutches within the study area: 10 living nests (Dzhusupov, 2017; Putyatyn, 1986; Gubin, 2018; Kovshar, 1986;

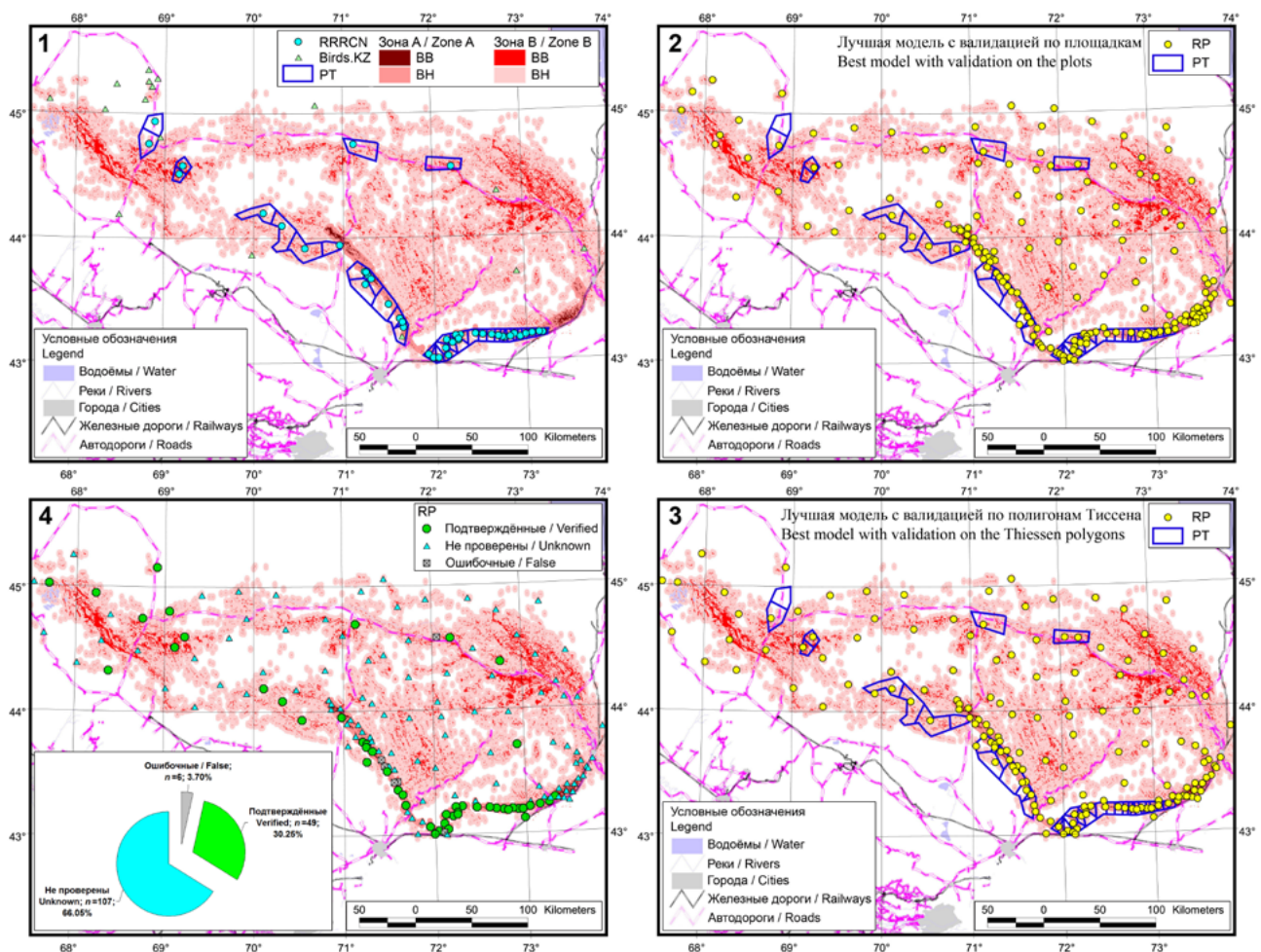


Рис. 15. Результаты оценки численности орла-могильника в Мойынкумах методом генерации случайных точек по заданному диапазону дистанций между ближайшими соседями на основе регулярной сети: полигоны Тиссена, построенные по реальным гнездовым участкам орла-могильника в Мойынкумах (1), схемы сгенерированных точек из лучших моделей с валидацией по площадкам (2) и полигонам Тиссена (3), схема сгенерированных точек из лучшей модели с валидацией по полигонам Тиссена, ранжированная по статусу по результатам верификации (4).

На всех картах показаны местообитания и гнездопригодные биотопы орла-могильника в Мойынкумах, по которым генерировалась сеть случайных точек, имитирующих распределение потенциальных гнездовых участков. Условные обозначения: RRRCN – реальные гнездовые участки орла-могильника, включённые в тренировочный набор для моделирования, Birds.KZ – точки летних встреч орлов-могильников из набора данных с казахстанского сайта любителей птиц, RP – случайные точки, имитирующие распределение потенциальных гнездовых участков орла-могильника, PT – полигоны Тиссена, BB – гнездопригодные биотопы, BH – местообитания.

Fig. 15. Results of the Eastern Imperial Eagle (EIE) abundance estimation for the Moyinqum Sands by the method of generating random points over a given range of distances between the nearest neighbors based on a regular network: Thiessen polygons constructed from real EIE breeding territories in Moyinqum Sands (1), Schemes of generated points from the best models with validation by plots (2) and Thiessen polygons (3), Scheme of generated points from the best model with validation by Thiessen polygons, ranked by status according to the results of verification (4).

All maps show of EIE habitats and breeding biotopes in Moyinqum Sands is given, from which a network of points was generated that simulated the distribution of potential IE breeding territories. Legend: RRRCN – real EIE breeding territories included in the training set for simulation, Birds.KZ – points from the dataset from the Kazakhstan birdwatchers' website, RP – generated points simulating the distribution of IE potential breeding territories, PT – Thiessen polygons built from real EIE breeding territories, BB – EIE breeding biotopes, BH – EIE habitats.

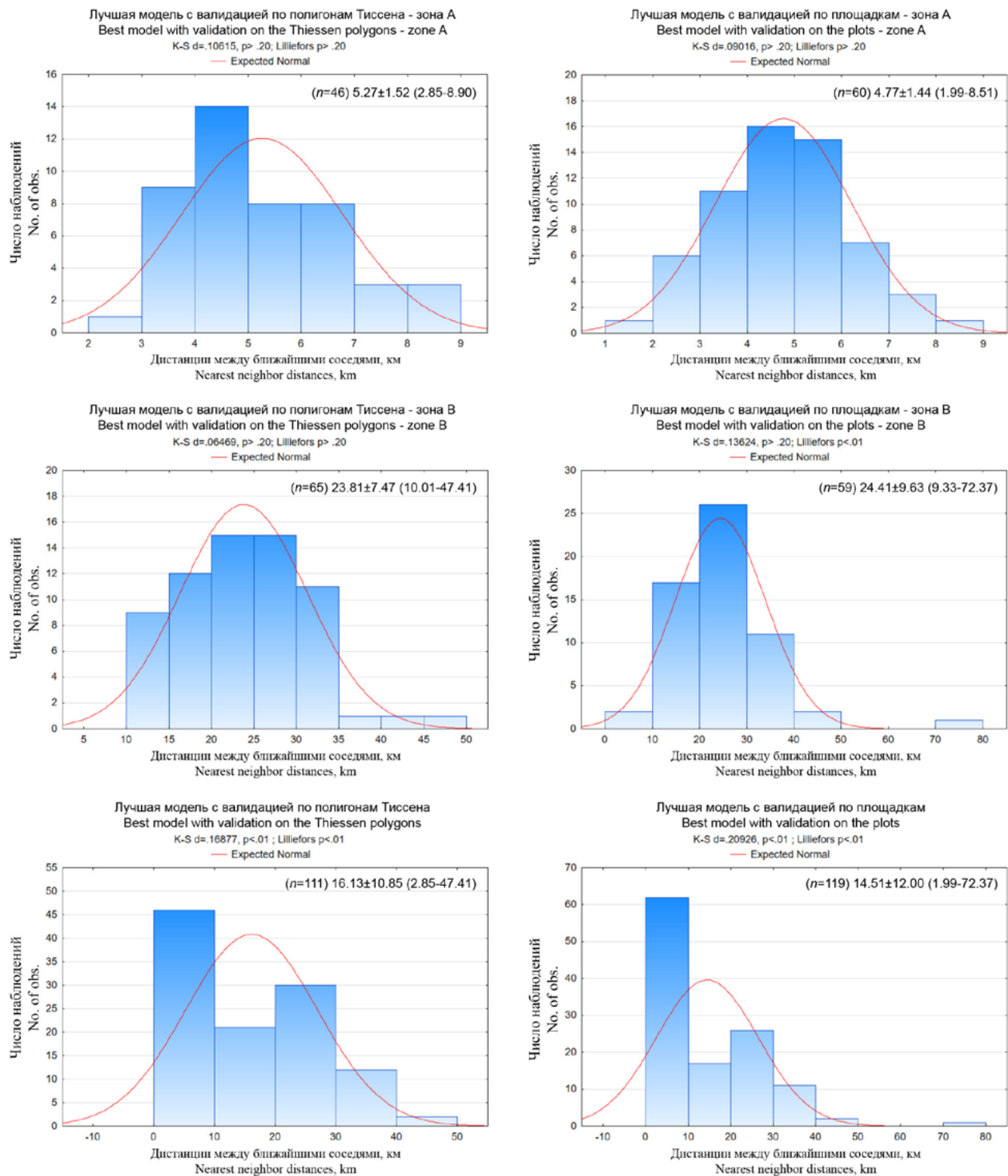


Рис. 16. Дистанции между ближайшими соседями в результирующих наборах сгенерированных точек, имитирующих распределение гнездовых участков орла-могильника для лучших моделей по валидации для полигонов Тиссена (слева) и площадок (справа).

Fig. 16. Distances between nearest neighbors in resulting sets of generated points simulating the distribution of Eastern Imperial Eagle breeding territories for best validation models on Thiessen polygons (left) and plots (right).

полигонам Тиссена сгенерировано 162 точки предполагаемого гнездования орла-могильника (рис. 15).

Распределение дистанций между ближайшими соседями в результирующих наборах точек для лучшей (с точки зре-

Amirekul *et al.*, 2022) 3 occupied nests (Gubin, 2018; Amirekul *et al.*, 2022; Karyakin *et al.*, 2023), 5 old nests (Karyakin, Barabashin, 2006; Khrokov, 2011; Karyakin *et al.*, 2023) and 1 destroyed nest (Karyakin, Barabashin, 2006). In six cases, there were adult birds

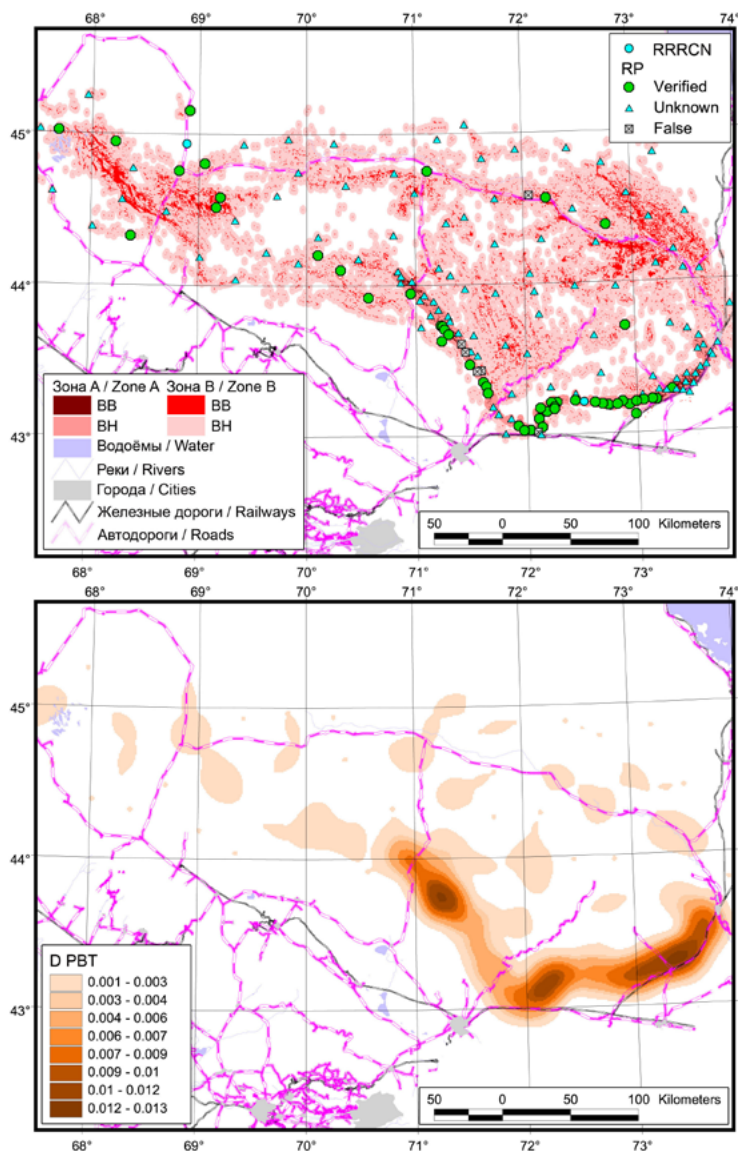


Рис. 17. Схема сгенерированных точек из лучшей модели с валидацией по полигонам Тиссена, ранжированных по статусу по результатам верификации (вверху) и карта плотности с радиусом поиска 25 км (внизу), построенная по этим точкам. Условные обозначения: RP – сгенерированные точки, имитирующие распределение гнездовых участков орла-могильника, после коррекции, Verified – гнездование или регулярное присутствие птиц в гнездовой период доказано (для площадок верифицированные точки притянуты к известным гнёздам или локациям гнездящихся пар), Unknown – точка не верифицирована, False – точка ошибочна, так как попадает в гнездовой участок вместе с верифицированной, RRRCN – гнездовые участки орла-могильника, не закрытые сгенерированными точками, D PBT – визуализация плотности распределения точек, имитирующих потенциальные гнездовые участки, BB – гнездопригодные биотопы, BH – пригодные местообитания.

Fig. 17. Scheme of generated points from the best model with validation on Thiessen polygons, ranked by status according to the results of verification (upper) and density map with a search radius of 25 km (bottom), built on these points. Legend: RP – generated points imitating the distribution of Imperial Eagle breeding territories after correction, Verified – nesting or regular bird presence during the breeding period is proven (on surveyed plots, verified points were pulled toward locations of known nests or breeding pairs), 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), RRRCN – breeding territories of the Eastern Imperial Eagle, not covered by generated points, D PBT – visualization of the density of points distribution simulating potential breeding territories, BB – breeding biotopes, BH – habitats.

ния совпадения с реальными гнездовыми участками) модели с валидацией по полигонам Тиссена и по площадкам показано на рисунке 16.

Таким образом, оценка численности для лучшей модели с валидацией по полигонам Тиссена варьировала от 79 до 296 гнездящихся пар (доверительный интервал по 100 прогонам ГСЧ), составив в паре лучших итераций для зон А и В 162 пары.

Карта распределения точек для оценки численности орла-могильника в Мойнкумах на базе лучшей модели с валидацией по полигонам Тиссена показана на рисунке 15(3), карта плотности распределения этих точек, построенная с радиусом поиска 25 км, показана на рисунке 17.

Мы улучшили результат оценки численности орла-могильника, внося коррективы в распределение точек, имитирующих гнездовые участки этого вида в соответствии с методикой. Для этого мы верифи-

nearby or on the nest, a total of 9 individuals (3 times in pairs, and 3 times in single individuals). From this sample, 4 nests were located on Saxauls (Karyakin, Barabashin, 2006; Khrokov, 2011; Gubin, 2018; Karyakin *et al.*, 2023); 3 nests were located on electric poles (Karyakin, Barabashin, 2006; Gubin, 2018; Amirekul *et al.*, 2022); 2 nests were on a Chinese Elms (Karyakin *et al.*, 2023), 1 on Silverberry trees (Kovshar, 1986) and 1 on a dry tree (Amirekul *et al.*, 2022). V.V. Putyatin (1986) also writes about 5 nests on Saxaul and electric poles, without specifying the location of each of them.

Clutches and broods

M.N. Korelov (1962) noted that a complete clutch of an EIE consists of 1–3 eggs, usually two. B.M. Gubin (2018) also observed clutches of 1 to 3 eggs in Betpakdala and Moyinqum, with an average of 1.9 eggs ($n=18$). Based on published sources for the study area, we

сировали объединённый слой из 162 точек, сгенерированных для зон А и В в соответствии с моделями, показавшими лучший результат валидации по полигонам Тиссена. Из 55 точек (33,95% от общего числа сгенерированных) попавших на территорию, посещавшиеся нами или другими исследователями, для 49 (89,09%, $n=55$) было подтверждено обитание орла-могильника находкой гнёзд или встречей птиц – см. рис. 15(4). При верификации паттерна сгенерированных точек участок потенциального гнездования считали подтверждённым, если обнаруженное на нём гнездо или локации наблюдавшихся орлов располагались от верифицируемой точки не далее, чем половина средней дистанции между ближайшими соседями, определённой для данной территории. То есть точки, лежащие в зоне А, верифицировались согласно дистанции между ближайшими соседями в зоне А, а точки, лежащие в зоне В, верифицировались согласно дистанции между ближайшими соседями в зоне В. Ошибочными оказались 6 точек (10,91%, $n=55$), которые были сгенерированы на обследованных территориях и попали между выявленными гнездовыми участками, где как при первом, так и при повторном посещении, присутствие вида не обнаружено. При этом лишь 2 реальных гнездовых участка оказались не закрытыми сгенерированными точками на известных нам полностью обследованных территориях (1 участок на площадке № 3 и 1 участок вне площадки на опоре ЛЭП близ р. Чу, который по своим ландшафтным характеристикам не попал даже в контур пригодных для орла-могильника местообитаний). Мы вычли долю ошибочных точек из средних и максимальных показателей раздельно из паттернов для зоны А (-10,53%) и В (-5,88%). Таким образом, согласно верифицированной модели с лучшей валидацией по полигонам Тиссена численность орла-могильника в песках Мойынкум может быть оценена в диапазоне от 79 до 275 пар, в среднем 150 пар.

Рассчитав из массива сгенерированных точек отход гнёзд по данным 2022 г. (44,44%), мы получили оценку численности в 35–122, в среднем 67 успешных пар к моменту распада выводков.

Из оценок численности, полученных двумя разными методами, видно, что при той фрагментации и неоднородности гнездопригодных биотопов и местообитаний вида, которые мы имеем в Мойынкумах, меньшие погрешности оценки численности даёт метод ГСЧ.

identified 10 observations from which we can confirm the presence of clutches, of which 7 observations contain information about the number of eggs in the clutch. As a result, we can calculate the clutch size from the literature, which ranged from 1 to 3 eggs, with an average of 1.86 ± 0.69 eggs per successful nest ($n=7$).

In total for the period from 1982 to 2008 for the study area, 8 nestlings were noted in five nests (1 case – 2 nestlings and 1 unfertilized egg; 2 cases – 2 nestlings; 2 cases – 1 nestling) (Putyatin, 1986; Kovshar, 1986; Amirekul *et al.*, 2022). The presence of nestlings is indicated for three more cases, but without a number per brood (Putyatin, 1986). Thus, the figures range from 1 to 2 nestlings, with an average of 1.6 ± 0.55 nestlings per successful nest ($n=5$). Nestlings in nests were observed from April 14 to July 29.

V.V. Putyatin (1986) indicates the presence of nestlings in nests that he observed in the period from April 14 to July 1, 1982, in the Moyinqum Sands. A.F. Kovshar (1986) on May 21, 1983, found a nest with 2 small nestlings and 1 unfertilized egg in the Talas River's floodplain, near the Kenes village. One nestling aged 11–20 days in the Moyinqum Sands was observed by M.V. Pestov on April 22, 2008 (Amirekul *et al.*, 2022). A.F. Kovshar (1986) On July 13 and 29, 1983, he observed 2 nestlings in the Moyinqum Sands along the Sukzak-Zhuantobe highway.

Diet

The EIE is a polyphagous bird with a wide variety of prey species. Trophic plasticity allows it to catch a wide variety of abundant and accessible animals of medium size and to compensate for the diet with other types of prey when environmental conditions or the amount of basic food changes.

According to M.N. Korelov (1962), the EIE feeds on medium-sized animals, but at the same time willingly feeds on carrion. The composition of his food is very diverse.

Information in the literature on the diet of the EIE in the study area is very scarce. A.F. Kovshar (1986) mentions the corpse of a Ground Squirrel (*Spermophilus* sp.) on a nest. V.G. Kolbintsev (2007) observed three young EIEs near the carcass of a dog (*Canis familiaris*). Also in one of the photographs from the website of the Kazakhstan Birdwatching Community, one can see the remains of a passerine bird brought to the nest by an adult eagle (Amirekul *et al.*, 2022).

Analysis of published data on adjacent territories provides more diverse information

Таким образом, оценку численности орла-могильника в Мойынкумах в 79–275, в среднем 150 гнездящихся пар, и 35–122, в среднем 67 успешных пар на 2022 г., мы принимаем как итоговую по результатам нашего исследования.

Обзор экологии вида по нашим и литературным данным

Сезонность встречаемости по литературным источникам

В песках Мойынкум и на сопредельных территориях к настоящему времени известно 154 наблюдения орлов-могильников разного статуса: 83 наблюдения собраны по литературным источникам и собственным данным, 71 наблюдение взято из birds.kz (Колбинцев, Чаликова, 2002; Чаликова, Колбинцев, 2006; Джусупов, 2017; Коваленко и др., 2002a; 2002b; Ерохов и др., 2006; Коваленко, 2006; Гаврилов и др., 2004; Карякин, Барабашин, 2006; Гаврилов, Гаврилов, 2006; Колбинцев, 2007; Коваленко, Кравченко, 2007; Коваленко, Карпов, 2008; Чаликова, 2009; Карпов, Панов, 2009; Путятин, 1986; Ковшарь, 1986; Хроков, 2011; Гаврилов, Колбинцев, 2004; Гаврилов и др., 2017; Гаврилов, Гисцов, 1985; Шевченко, 1948; Ковшарь, 1966, 2019; Губин 2018; 2020; Карякин и др., 2021; Амирекул и др., 2022; Карякин и др., 2023). Из них 19 наблюдений содержат сведения о гнёздах или кладках, 139 – сведения о встречах орлов. Наибольшее количество наблюдений приходится на март, наименьшее – на июль ($n=150$, рис. 18). Примерно одинаковое количество наблюдений орлов-могильников сделано наблюдателями птиц во все сезоны ($n=152$): 21,05% – в зимний сезон (декабрь–февраль); 22,37% – в весеннюю миграцию (март); 28,95% – в

about the diet of the EIE. The Aryskum Sands and lower reaches of the Sarysu River contain references to feeding on the Yellow Ground Squirrel, Ruddy Shelduck (*Tadorna ferruginea*), Hedgehog (*Erinaceidae* sp.), and Steppe Agama (*Trapelus sanguinolentus*) (Gubin and Levin, 2017). In Betpakdal, the food was mainly ground squirrels, less often gerbils (*Gerbillinae* sp.); researchers also noted the remains of the Tolai Hare (*Lepus tolai*), Fox (*Vulpes vulpes*), Hedgehog, Duck (*Anas* sp.), Coot (*Fulica atra*), MacQueen's Bustard (*Chlamydotis macqueenii*), Carrion Crow (*Corvus corone*), Halys Viper (*Gloydius halis*), Sand Boa (*Eryx* sp.), Horsfield's Tortoise (*Testudo horsfieldii*) (Belyalov, Levin, 1986; Gubin, 2018). S.L. Sklyarenko (2005) in Zhusandala found the remains of a Hedgehog, a Tolai Hare, a Common Kestrel (*Falco tinnunculus*), and a Great Jerboa (*Allactaga major*). He also found Great Gerbils in a nest in the Andasai Reserve (Sklyarenko, 2009). Near the Karoy, remains of a Great Jerboa, a Tolai Hare, a Sandgrouse (*Pterocles* sp.), and Horsfield's Tortoise were discovered (Kovshar *et al.*, 2020). For the Kurty river has information about feeding of the EIE on the Yellow Ground Squirrel (Karpov, Bekbaev, 2005).

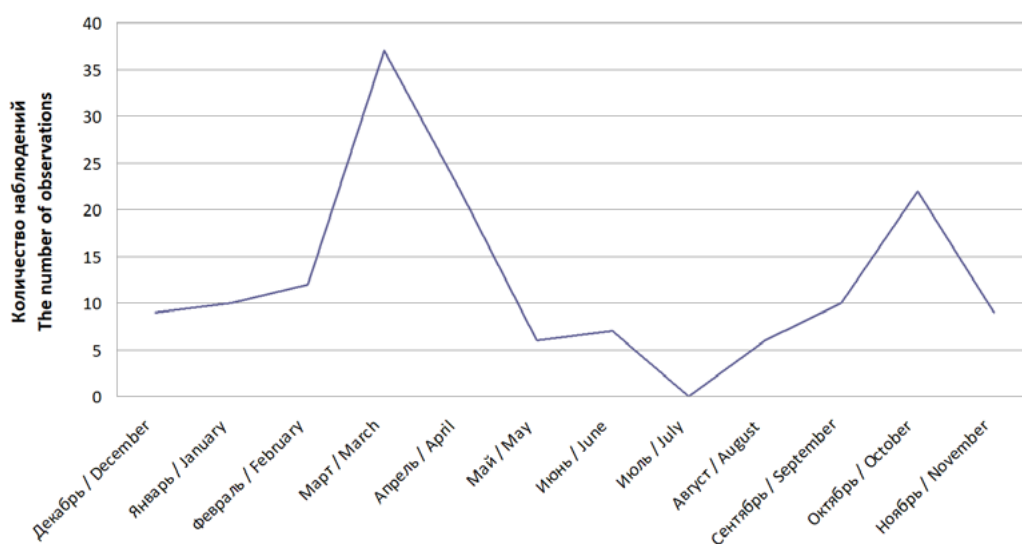
According to our observations in 2022–2023, Hedgehogs, Tolai Hares, Rooks, and Horsfield's Tortoises played an important role in the EIE's diet. In general, the diet was dominated by birds, whose role increased significantly against the background of a protracted depression in the number of rodents, which almost completely dropped out of the diet of the EIE.

Data on the diet of the EIE based on literature data and our data for 2022–2023 are given in Table 7.

It is interesting to note that the maximum diversity of diet was noted on the nests of

Рис. 18. Количество наблюдений орлов-могильников в разные месяцы.

Fig. 18. Number of observations of the Eastern Imperial Eagles in different months.



гнездовой период (апрель–август); 27,63% – в осеннюю миграцию (сентябрь–ноябрь).

Исключая птенцов на гнёздах, наблюдатели встретили 195 орлов-могильников разного возраста, для 98 особей возраст был определён: 4 молодые особи первого года, 34 неполовозрелых и 60 взрослых. В зимний сезон (декабрь–февраль) 60% наблюдавшихся птиц – это взрослые особи, 40% – неполовозрелые ($n=25$). В весеннюю миграцию (март) 70,97% наблюдавшихся орлов – это взрослые особи, 29,03% – неполовозрелые ($n=31$). В гнездовой период (апрель–август) 68,18% наблюдавшихся орлов – это взрослые особи, 31,82% – неполовозрелые ($n=22$). В осеннюю миграцию (сентябрь–ноябрь) 40% наблюдавшихся орлов – это взрослые особи, 40% – неполовозрелые и 20% – молодые особи первого года ($n=20$).

Провал во встречаемости орлов в летние месяцы говорит о том, что любители птиц, которыми сделана большая часть наблюдений, не посещали места гнездования орла-могильника в наиболее жаркие месяцы года, но в то же время, вероятно, и встречаемость неразмножающихся птиц на территории исследования в этот период низкая.

Из вышеописанного мы делаем вывод, что на рассматриваемой территории орёл-могильник встречается круглый год и характер его пребывания не ограничивается гнездованием, послегнездовыми кочёвками и миграцией, а включает зимовку, причём, скорее всего, зимовку птиц из более северных популяций.

На основании данных прослеживания с помощью ARGOS/GPS-трансмисмиттеров и GPS/GSM-трекеров определены сроки миграции орлов-могильников (из Алтае-Саянского региона России) через Каратау (Карякин и др., 2021). Весенняя миграция первогодок, вне зависимости от удалённости зимовок от Каратау происходила в достаточно узкий период с 5 по 12 апреля. Орёл-могильник, выбравший для зимовки свалку на окраине Шымкента, во второй и последующие годы мигрировал через Каратау с 23 февраля по 6 марта, видимо определяя начало миграции полу взрослых и взрослых птиц, возвращающихся с холодных зимовок. Осенняя миграция орлов-могильников проходила с 17 октября по 28 ноября, причём первогодки проходили Каратау до 4 ноября, в последующие годы мигрируя в более поздние сроки – со 2 по 28 ноября (Карякин и др., 2021).

М.Н. Корелов (1962) пишет, что орёл-могильник весной на юге появляется во вто-



Орёл-могильник. Фото И. Карякина.

Eastern Imperial Eagle. Photo by I. Karyakin.

eagles, which were located in areas with low breeding density, mainly along the Talas River (plot No. 1), in the territory with a minimum number of Ground Squirrel colonies, and in the territory with the maximum breeding density (plot No. 3), the diet of eagles was less varied – Hedgehog, Tolai Hare, corvids. It was in plot No. 3 that large colonies of the Yellow Ground Squirrel and Great Gerbil were previously concentrated, providing the eagles with a constant and abundant food resource.

Threats

In the region under study, the question of the safety of power lines for birds of prey is still not resolved. On 80% of the known breeding territories of EIEs, there are bird-hazardous power lines (on concrete poles with metal traverses, pin insulators, and not insulated wire) 10 and 35 kV. However, we did not find power lines equipped with special polymer bird-protective devices. At the same time, having examined 3 sections of bird-hazardous power lines with a total length of 6.48 km in July–September 2022 (one section with a length of 1.32 km opposite the successful nest of the EIE), we found only the old remains of 2 young White-Tailed Eagles (0.31 ind./km), Little Owl (*Athene noctua*; 0.15 ind./km), Crow (*Corvus corone*; 0.15 ind./km) and 2 small passerines (0.31 ind./km), but we were unable to find the remains of EIEs. There is

рой половине марта, а осенью смещение к югу начинается в сентябре, в октябре уже бывает хорошо заметным, а заканчивается лишь к концу ноября.

А.Ф. Ковшарь (2019) пишет, что весенний пролёт орлов-могильников в западном Тянь-Шане идёт в марте и апреле, а осенью – в сентябре-октябре. В заповеднике Аксу-Джабаглы В.В. Шевченко (1948) добыл первого орла на весенней миграции 10 марта 1945 г. На Чокпаке самая ранняя встреча отмечена 6 апреля 2002 г. (Коваленко и др., 2002а). Б.М. Губин (2018) указывает на самую раннюю встречу орла-могильника 10 февраля 2009 г. (между с. Шаян и с. Боралдай) и отмечает 19 марта 2009 г. миграцию взрослой и молодой птиц в Бетпакдале. Для среднего течения Сырдарьи он описывает наиболее ранние встречи орла-могильника на весеннем пролёте 22 февраля 2017 г.

В предгорьях Киргизского Алатау интенсивный пролёт орлов-могильников проходил 26 октября (Корелов, 1962). В заповеднике Аксу-Джабаглы в Чокпакских воротах наиболее поздний осенний пролёт орлов, в т.ч. могильников, наблюдался 2 ноября 1961 г. (Ковшарь, 1966). В среднем течении Сырдарьи в 2003 г. первый орёл-могильник на осеннем пролёте отмечен 19 сентября, а последний 21 ноября (Губин, 2020).

М.Н. Корелов (1962) пишет, что орёл-могильник на юге Казахстана приступает к размножению в начале апреля, но сроки размножения меняются в зависимости от условий года. Е.П. Спангенбергом в северо-западных отрогах Каратау 3 апреля 1930 г. были собраны 2 кладки по 2 не насиженных яйца (Джусупов, 2017). Б.М. Губин (2018) 31 марта 2015 г. осмотрел одно гнездо с полной кладкой в Бетпакдале и 1 апреля 2015 г. осмотрел ещё три гнезда с аналогичным состоянием кладок.

Гнёзда

В литературных источниках, на сайтах и в базах данных приводятся 19 наблюдений, которые содержат сведения о гнёздах или кладках в пределах исследуемой территории: 10 жилых гнёзд (Джусупов, 2017; Путьтин, 1986; Губин, 2018; Ковшарь, 1986; Амирекул и др., 2022) 3 занятых гнезда (Губин, 2018; Амирекул и др., 2022; Карякин и др., 2023), 5 старых гнёзд (Карякин, Барабашин, 2006; Хроков, 2011; Карякин и др., 2023) и 1 разрушенное (Карякин, Барабашин, 2006). В шести случаях рядом или на гнезде были взрослые птицы общим коли-

not enough data on the level of bird mortality on power lines in Moyinqum Sands, but there is a possibility that adult EIEs nesting in the study area have learned to avoid electric shock, practically not using electric poles of 10 and 35 kV lines as perches. Despite the abundance of such power lines on the breeding territories of EIEs, out of 118 registrations of adult birds on perches on 30 nesting sites, only 2 were associated with 10 kV power line supports. If our assumption that adult eagles avoid using bird-dangerous power line poles as perches is correct, then mainly young birds in their first year of life may suffer from electric shock.

In the territory under consideration, the EIE nests on relatively safe electric poles of 110 kV high-voltage power lines. Electrocuting on such lines is an extremely rare phenomenon and is mainly associated with a short circuit during heavy rain in a fairly narrow season (spring, autumn), or due to a stream of droppings on heavily contaminated insulator hangers. Nevertheless, the work carried out by employees of electric grid companies to clean electric poles leads to the direct destruction of nests, clutches, and nestlings of eagles. The facts of the negative impact and consequences of measures to clear electric poles from nests have been repeatedly mentioned by researchers (Karyakin, Barabashin 2006; Gubin 2018). Cases of constant destruction of nests by employees of electric grid companies in Betpakdala were described by S.V. Domashevsky (pers. com.): according to this information, in 2015, dozens of eagles' nests were thrown from power lines and many broods died. In 2016, EIEs built 4 new nests, 2 of which had nestlings. In April 2017, 5 active nests were noted on electric poles; On June 9, the nests were dropped, and three nestlings (broods from two nests) were found by researchers at the pumping station, where energy workers brought them; On June 12, ornithologists built a nesting platform, where they transferred the discarded nest and the found nestlings; Feeding of the nestlings continued until June 24, when it was noted that a pair of EIEs was feeding all the nestlings, including the adopted one. Thanks to the efforts of ornithologists, three eaglets were saved in 2017. It is unknown how many EIEs die each year due to the activities of power grid companies cleaning electric poles from bird nests.

The development of uranium mining in the Moyinqum sands also negatively affects the EIE. There is direct destruction of natural habitats and displacement of breeding territories due to disturbance. In addition, uranium min-



Пара молодых орлов-могильников строит гнездо.
Фото Е. Шнайдер.

Pair of the young Eastern Imperial Eagles builds the nest.
Photo by E. Schnayder.

чеством 9 особей (3 раза по паре, и 3 раза по 1 особи). Из этой выборки на саксаулах были расположены 4 гнезда (Карякин, Барабашин, 2006; Хроков, 2011; Губин, 2018; Карякин и др., 2023); 3 гнезда разместились на ЛЭП (Карякин, Барабашин, 2006; Губин, 2018; Амурекул и др., 2022); 2 гнезда находились на вязе мелколистном (Карякин и др., 2023), 1 – на лохе серебристом (Ковшарь, 1986) и 1 – на сухом дереве (Амурекул и др., 2022). В.В. Путятин (1986) также пишет о 5 гнёздах на саксауле и ЛЭП, не конкретизируя месторасположение каждого из них.

Кладки и выводы

М.Н. Корелов (1962) отмечал, что полная кладка орла-могильника состоит из 1–3 яиц, чаще двух. Б.М. Губин (2018) в Бетпадале и Мойынкумах также наблюдал кладки от 1 до 3 яиц, в среднем 1,9 яйца ($n=18$). По литературным источникам для исследуемой территории мы выделили 10 наблюдений, по которым можно утверждать о факте наличия кладки, из них в 7 наблюдениях присутствуют количественные характеристики. В результате мы можем рассчитать размер кладок по литературным источникам, который составил от 1 до 3 яиц, в среднем $1,86 \pm 0,69$ яйца на успешное гнездо ($n=7$).

В сумме за период с 1982 по 2008 гг. для исследуемой территории отмечено 8 птенцов в пяти гнёздах (1 раз – 2 птенца и 1 яйцо болтун; 2 раза по 2 птенца; 2 раза по 1 птенцу) (Путятин, 1986; Ковшарь, 1986; Амурекул и др., 2022). Ещё для трёх случаев указывается на наличие птенцов, но без конкретного количества (Путятин, 1986). Таким образом, показатели составляют от 1 до 2 птенцов, в среднем $1,6 \pm 0,55$ птенцов на успешное гнездо ($n=5$). Птенцы в гнёздах наблюдались с 14 апреля по 29 июля.

ing by underground leaching, which is now a priority method, contributes to the development of a dense network of bird-hazardous power lines in the habitats of EIEs.

Since the EIE often chooses places for nesting near farms (in forest belts, in floodplains), there is a threat of nestlings being removed from nests by local people to sell them to hunters with birds of prey or for stuffed animals. At least one such case was identified in 2022 – farmers left a summer livestock camp, taking with them EIE nestlings from a nest closest to the farm. Also, nesting of eagles near farms is fraught with predation by herding dogs, which can kill fledglings that have left the nests, but are still poor fliers – one such case was also noted in 2022.

A potential threat to EIEs nesting in Moyinquin Sands is created by wind farms built and planned for construction in Karatau and the Chu-Ili mountains around the sands. The wind farm in Karatau is especially dangerous for the Moyinquin breeding group of eagles since eagles nesting in the sand migrate through these mountains to wintering grounds and back. However, the issue of the impact of already-built wind farms in Karatau on eagles remains unstudied.

Discussion

Ecology of the species

In 2022, we determined the clutch size to be from 1 to 3 eggs, average 2 ± 0.63 eggs per successful nest, and the size of broods before nestlings fledged varied from 1 to 3 nestlings, average 2 ± 0.71 nestlings per successful nest, which is slightly higher than the information indicated in the literature for the study area (from 1 to 3 eggs, on average 1.86 ± 0.69 eggs per successful nest ($n=7$) according to Putyatin, 1986; Kovshar, 1986; Dzhusupov, 2017; Amirekul *et al.*, 2022, on average 1.9 eggs per tested nest with clutch ($n=18$) according to Gubin, 2018). However, these indicators are within the normal range for the species. In particular, according to published sources, the size of clutches of EIEs in Kazakhstan generally varied from 1 to 3 eggs (Korelov, 1962), although in publications before the 1960s, there was information about clutches of only 1–2, average ($n=27$) 1.56 ± 0.51 eggs, litter size was 1–2, average ($n=12$) 1.5 ± 0.52 nestlings



В.В. Путятин (1986) указывает на наличие птенцов в гнёздах, обнаруженных им в период с 14 апреля по 1 июля 1982 г. в песках Мойынкум. А.Ф. Ковшарь (1986) 21 мая 1983 г. обнаружил гнездо с 2 пуховыми птенцами 1 яйцом-болтуном в пойме р. Талас, близ с. Кенес. М.В. Пестов 22 апреля 2008 г. в песках Мойынкум наблюдал 1 пухового птенца в возрасте 11–20 дней (Амирекул и др., 2022). А.Ф. Ковшарь (1986) 13 и 29 июля 1983 г. наблюдал 2 оперённых птенцов в песках Мойынкум на трассе Сукзак-Жуантобе.

Питание

Орёл-могильник является полифагом с большим разнообразием видов добычи. Трофическая пластичность позволяет ему добывать самых разных массовых и доступных животных средней величины и компенсировать рацион другими видами добычи при изменении экологических условий или численности базовых кормов.

По данным М.Н. Корелова (1962) орёл-могильник питается средней величины животными, вместе с тем охотно кормится падалью. Состав его пищи очень разнообразен.

Сведения в литературе по питанию орла-могильника на исследуемой территории очень скудны. А.Ф. Ковшарь (1986) упоминает о трупе суслика (*Spermophilus* sp.) на гнезде. В.Г. Колбинцев (2007) наблюдал трёх молодых орлов-могильников возле разбросанного хищниками трупа собаки (*Canis familiaris*). Также на одной из фотографий с сайта Казахстанского сообщества наблюдателей птиц можно увидеть останки воробьиной птицы, принесенной взрослым орлом на гнездо (Амирекул и др., 2022).

Анализ литературных данных по сопредельным территориям, даёт более разноо-

Слётки орла-могильника недавно покинувшие гнездо. Фото И. Карякина.

Eastern Imperial Eagle fledglings the other day fledged the nest. Photo by I. Karyakin.

(Zarudny, Koreev, 1906; Shestoporov, 1929; Spangenberg, Feigin, 1936; Volchanetsky, 1937; Voloshin, 1949; Shnitnikov, 1949; Varshavsky, 1959; Korelov, 1962); in the Naurzum State Nature Reserve in 1978–1996, out of 307 nesting cases, 263 were successful, the average clutch size for all years was 2.1 eggs, the average productivity was 1.5 fledglings per pair (Bragin, 1998); in the Altai Republic (Russia) in 2009, clutches consisted of 1–3, average ($n=12$) 2.08 ± 0.67 eggs, broods – 1–3, average ($n=89$) 1.6 ± 0.58 nestlings (Karyakin et al., 2009).

Research in 2022 showed satisfactory breeding success of the EIE in the study area – 44.44% of successful nests by the end of the breeding season with a productivity of 1.75 fledglings per successful nest and 0.78 fledglings per active nest (breeding pair). Despite the depression in the number of rodents, EIEs quite effectively switched to feeding on other species, in particular birds, and made excellent use of other food resources (hares, hedgehogs, etc.). It can be assumed that productivity could be higher if there were a sufficient number of rodents, as is observed, for example, in Hungary or the Kustanai region of Kazakhstan. In Hungary in 2001–2009 broods



Орёл-могильник с добытой хохотуньей (*Larus cachinnans*). Фото И. Карякина.

*Eastern Imperial Eagle with preyed Caspian Gull (*Larus cachinnans*). Photo by I. Karyakin.*

Табл. 7. Питание орла-могильника по данным сборов из под гнёзд в 2022–2023 гг. и по литературным данным.

Table 7. Eastern Imperial Eagle diet according to data collected from nests in 2022–2023 and according to publications data.

Вид / Species	Литературные данные* Publications*		2022–2023		Всего Total	
	n	%	n	%	n	%
Послед домашней овцы (<i>Ovis aries</i>)	1	1.10		0	1	0.63
Заяц-толай (<i>Lepus tolai</i>)	13	14.29	9	13.43	22	13.92
Заяц sp. (<i>Lepus</i> sp.)	2	2.20		0	2	1.27
Собака (<i>Canis familiaris</i>)	1	1.10		0	1	0.63
Лисица (<i>Vulpes vulpes</i>)	2	2.20		0	2	1.27
Жёлтый суслик (<i>Spermophilus fulvus</i>)	3	3.30	4	5.97	7	4.43
Суслик sp. / Ground Squirrel (<i>Spermophilus</i> sp.)	21	23.08		0	21	13.29
Большая песчанка (<i>Rhombomys opimus</i>)	2	2.20		0	2	1.27
Песчанка sp. (<i>Gerbillinae</i> sp.)	17	18.68		0	17	10.76
Большой тушканчик (<i>Allactaga major</i>)	2	2.20		0	2	1.27
Ёж ушастый (<i>Hemiechinus auritus</i>)	2	2.20	12	17.91	14	8.86
Ёж sp. (<i>Erinaceidae</i> sp.)	3	3.30		0.00	3	1.90
Млекопитающие / Mammalia	69	75.82	25	37.31	94	59.49
Цапля sp. (<i>Ardea</i> sp.)		0	1	1.49	1	0.63
Огарь (<i>Tadorna ferruginea</i>)	1	1.10	1	1.49	2	1.27
Утка sp. (<i>Anas</i> sp.)	1	1.10		0	1	0.63
Курганник (<i>Buteo rufinus</i>)		0	2	2.99	2	1.27
Пустельга (<i>Falco tinnunculus</i>)	3	3.30	4	5.97	7	4.43
Фазан (<i>Phasianus colchicus</i>)		0	1	1.49	1	0.63
Серая куропатка (<i>Perdix perdix</i>)		0	1	1.49	1	0.63
Красавка (<i>Grus virgo</i>)		0	1	1.49	1	0.63
Лысуха (<i>Fulica atra</i>)	1	1.10		0	1	0.63
Дрофа-красотка (<i>Chlamydotis undulata</i>)	5	5.49		0	5	3.16
Стрепет (<i>Tetrax tetrax</i>)		0	2	2.99	2	1.27
Чайка sp. (<i>Larus</i> sp.)		0	1	1.49	1	0.63
Чернобрюхий рябок (<i>Pterocles orientalis</i>)		0	1	1.49	1	0.63
Рябок sp. (<i>Pterocles</i> sp.)	1	1.10		0	1	0.63
Голубь (<i>Columba</i> sp.)		0	2	2.99	2	1.27
Домовый сыч (<i>Athene noctua</i>)		0	1	1.49	1	0.63
Сизоворонка (<i>Coracias garrulus</i>)		0	3	4.48	3	1.90
Майна (<i>Acridotheres tristis</i>)		0	1	1.49	1	0.63
Сорока (<i>Pica pica</i>)		0	3	4.48	3	1.90
Грач (<i>Corvus frugilegus</i>)		0	8	11.94	8	5.06
Черная ворона (<i>Corvus corone</i>)	1	1.10	1	1.49	2	1.27
Врановые sp. (<i>Corvidae</i> sp.)		0	3	4.48	3	1.90
Мелкие воробьиные птицы / Small passerine birds	1	1.10		0	1	0.63
Птицы / Aves	14	15.38	37	55.22	51	32.28
Щитомордник (<i>Gloydius halis</i>)	1	1.10		0	1	0.63
Удавчик (<i>Eryx</i> sp.)	3	3.30		0	3	1.90
Степная агама (<i>Trapelus sanguinolentus</i>)	1	1.10		0	1	0.63
Среднеазиатская черепаха (<i>Testudo horsfieldii</i>)	3	3.30	5	7.46	8	5.06
Рептилии / Reptilia	8	8.79	5	7.46	13	8.23
Всего / Total	91	100	67	100	158	100

Примечания / Notes:

* Амирекул и др., 2022; Белялов, Левин, 1986; Губин, 2018; Губин, Левин, 2017; Карпов, Бекбаев, 2005; Ковшарь, 1986; Ковшарь и др., 2020; Колбинцев, 2007; Скляренко, 2005, 2009 / Amirekul et al., 2022; Belyalov, Levin, 1986; Gubin, 2018; Gubin, Levin, 2017; Karpov, Bekbaev, 2005; Kovshar, 1986; Kovshar et al., 2020; Kolbintsev, 2007; Sklyarenko, 2005, 2009.

бразные сведения о питании орла-могильника. Для песков Арыскуп и низовьев р. Сарысу имеются упоминания о питании жёлтым сусликом, огарем (*Tadorna ferruginea*), ежом (*Erinaceidae* sp.) и степной агамой (*Trapelus sanguinolentus*) (Губин, Левин, 2017). В Бетпакдале пищей в основном служили суслики, реже песчанки (*Gerbillinae* sp.), так же исследователи отмечали останки зайца-толая (*Lepus tolai*), лисицы (*Vulpes vulpes*), ежа, утки (*Anas* sp.), лысухи (*Fulica atra*), дрофы-красотки (*Chlamydotis macqueenii*), чёрной вороны (*Corvus corone*), шитомордника (*Gloydus halis*), удавчика (*Eryx* sp.), черепахи (*Testudo horsfieldii*) (Белялов, Левин, 1986; Губин, 2018). С.А. Складенко (2005) в Жусандале обнаружил остатки ежа, зайца-толая, обыкновенной пустельги (*Falco tinnunculus*), большого тушканчика (*Allactaga major*). Он же в Андасайском заказнике нашёл на гнезде больших песчанок (Складенко, 2009). В районе Кароя были обнаружены останки большого тушканчика, зайца-толая, рябка (*Pterocles* sp.) и черепах (Ковшарь и др., 2020). Для русла р. Курты имеются сведения о питании жёлтым сусликом (Карпов, Бекбаев, 2005).

По нашим наблюдениям в 2022–2023 гг., важную роль в питании орла-могильника играли ежи, зайцы, грачи и черепахи. В целом в рационе доминировали птицы, роль которых значительно возросла на фоне затяжной депрессии численности грызунов, которые практически полностью выпали из рациона орла-могильника.

Данные по рациону орла-могильника по литературным сведениям и нашим данным 2022–2023 гг. приведены в таблице 7.

Интересно отметить, что максимальное разнообразие рациона было отмечено на гнёздах орлов, которые располагались в участках с низкой плотностью гнездования, преимущественно вдоль р. Талас (площадка № 1), на территории с минимальным числом колоний сусликов, а на территории с максимальной плотностью гнездования (площадка № 3) питание орлов было менее разнообразным – ёж, заяц, врановые. Именно на площадке № 3 ранее были сосредоточены крупные колонии жёлтого суслика и большой песчанки, обеспечивавших орлов постоянным и обильным кормовым ресурсом.

Угрозы

В исследуемом регионе остаётся открытым вопрос безопасности линий электропередачи (ЛЭП) для хищных птиц. На 80%

consisted of 1.54–1.93 chicks per successful pair per year, and the total annual production of eagles was 0.91–1.30 nestlings per breeding pair (Horváth *et al.*, 2011). In the island forests of the moderately dry and dry steppe subzones of the Kustanai region, with an average proportion of annual breeding pairs of EIEs of 77.5%, productivity averaged 1.3 nestlings per pair (Bragin *et al.*, 2012). Specifically in the Naurzum forest in 1978–1996, the number of fledgling of the number of eggs laid was 71.7%, but depending on nesting conditions it varied from 48.9% (island forests on the slopes of the plateau) to 76.5% (Naurzum and Tersek pine-forests) (Bragin, 1998). Thus, in Moyinqum Sands, the productivity of the EIE breeding group, which we identified in 2022, was not as high as it could have been, but it can be considered good given the current feeding situation. This assumes its stability in the future, regardless of the dynamics of the numbers of individual prey species, even basic ones.

The diet of the EIE in Moyinqum turned out to be similar to that throughout the south-east of Kazakhstan. Despite the depression in the number of rodents, eagles mastered other food resources quite well, in most areas without interrupting reproduction or even reducing productivity. The loss of offspring was observed mainly for reasons related to farmers (disturbance, dog predation, removal of nestlings), and not due to the disappearance of colonies of Ground Squirrels and Gerbils on breeding territories. It should be noted that the trophic plasticity of EIEs has been proven in recent years for many areas of its breeding range and is an important component of the survival and growth abundance of the species. For example, in Hungary from 1982 to 2017 the previously abundant Hamster (*Cricetus cricetus*) became marginal (7.42%), and Ground Squirrels (*Spermophilus citellus*) virtually disappeared (0.03%) from the diet of EIEs; parallel to the disappearance of traditional types of food, corvids (13.10%), pigeons (8.90%), waterfowl (6.83%), other rodents (6.71%), Roe Deer (*Capreolus capreolus*) (5.59%), birds of prey and owls (4.88%) became regularly detected prey species; eagles used the most common food sources and were not solely dependent on the status of any one particular species (Horváth *et al.*, 2018). In Bulgaria, eagles fed mainly on Hedgehogs (29.88%), Ground Squirrels (16.85%), and Storks (*Ciconia* sp., 7.74%), successfully adapting to a new food source, which is abundant in a particular area of its range – the species is also here showed dietary flexibility and the ability to

известных гнездовых участков орлов-могильников проходят птицеопасные ЛЭП (на бетонных опорах с металлическими траверсами, штыревыми изоляторами и голым проводом) 10 и 35 кВ, но мы не встретили линии, оснащённые специальными полимерными птицезащитными устройствами. В то же время, обследовав в июле–сентябре 2022 г. 3 участка птицеопасных ЛЭП общей протяжённостью 6,48 км (один участок протяжённостью 1,32 км напротив жилого гнезда орла-могильника), мы обнаружили лишь старые останки 2-х молодых орланов-белохвостов (0, 31 ос./км), домового сыча (*Athene noctua*; 0,15 ос./км), вороны (*Corvus corone*; 0,15 ос./км) и 2-х мелких воробьиных птиц (0,31 ос./км), а останков орлов-могильников нам найти не удалось. Определённо, данных об уровне гибели птиц на ЛЭП в Мойынкумах недостаточно, но есть вероятность, что взрослые орлы-могильники, гнездящиеся на исследуемой территории, научились избегать поражения электротоком, практически не используя электрические опоры линий 10 и 35 кВ в качестве присад. Несмотря на обилие таких ЛЭП на гнездовых участках орлов-могильников, из 118 регистраций взрослых птиц на присадах на 30 гнездовых участках, лишь 2 были связаны с опорами ЛЭП 10 кВ. Если наше предположение об избегании взрослыми орлами использования опор птицеопасных ЛЭП в качестве присад верно, то от поражения электротоком могут страдать в основном молодые птицы первого года жизни.

Орёл-могильник на рассматриваемой территории гнездится на условно безопасных опорах высоковольтных ЛЭП 110 кВ. Поражение электротоком на таких линиях является крайне редким явлением и связано в основном с пробоем в ливневой дождь в достаточно узкий период времени (весна, осень), или по струе помёта на сильно загрязнённых подвесках изоляторов. Но, тем не менее, проводимые работниками электросетевых компаний работы по очистке опор ЛЭП приводят к прямому уничтожению гнёзд, кладок и птенцов орлов. Факты негативного воздействия и последствий мероприятий по очистке линий от гнёзд не раз упоминались исследователями (Карякин, Барабашин 2006; Губин 2018). Случаи варварского и постоянного уничтожения гнёзд работниками электросетевых компаний в Бетпакдале описывал С.В. Домашевский (личн. сообщ.): по этим сведениям в 2015 г. десятки гнёзд орлов были сброшены с ЛЭП и многие выводки погибли. В 2016



Одно из двух наблюдений взрослого орла-могильника, сидящего на птицеопасной опоре ЛЭП в Мойынкумах. Фото И. Карякина.

One of two records of an adult Eastern Imperial Eagle perched on the bird-dangerous electric pole in Moyinkum Sands. Photo by I. Karyakin.

switch to alternative prey, if available, when the main prey decreases (Demerdzhiev *et al.*, 2022). For the closely related Spanish Imperial Eagle (*Aquila adalberti*), it has also been noted that when the primary prey (Wild Rabbit *Oryctolagus cuniculus*) is scarce, feeding is based on alternative prey such as pigeons or carrion, and the eagles survive long periods of depression in the abundance of the primary prey quite well (Sánchez *et al.*, 2009).

Species distribution modeling

As in any work of distribution modeling of a rare species, we were faced with the problem of selecting a balanced set of data on the presence and absence of the species. The number of points of absence was twice as large as the number of points of presence of the species, especially in some biotopes with similar characteristics in which the EIE is bred and is absent, for example, Saxaul forests in the sands, old (breeding) and young (absent), single-row forest belts on undisturbed pastures (breeding) and among fields (absent). An increase in the set of points where a species is absent led, on the one hand, to cutting off most of the forest places in which the species does not nest, but on the other hand, it worsened the predictive qualities of the model due to the false negative identification of several suboptimal biotopes for the species, but in which the eagle still breeds – single trees along the edge of sand, floodplain forests, single-row forest belts among pastures, etc. Since we set an ambitious task – creating a model of EIE breeding biotopes with a resolution of 50 meters, even



Пара орлов-могильников возле гнезда, устроенного на металлической траверсе бетонной опоры ЛЭП 110 кВ. Фото И. Карякина.

Pair of the Eastern Imperial Eagles near the nest on the metal cross-arm of the concrete pole of power line 110 kV. Photos by I. Karyakin.

г. орлы-могильники построили 4 новых гнезда, из них 2 были с птенцами. В апреле 2017 г. было отмечено 5 жилых гнёзд на ЛЭП; 9 июня гнёзда были сброшены, трёх птенцов (выводки с двух гнёзд) исследователи обнаружили на насосной станции, куда их принесли энергетики; 12 июня орнитологи построили гнездовую платформу, куда перенесли сброшенное гнездо и найденных птенцов; подкормку птенцов продолжали до 24 июня, когда отметили, что пара орлов-могильников кормит всех птенцов, включая приёмного. Благодаря стараниям орнитологов в 2017 г. удалось спасти трёх орлят. Сколько орлов-могильников погибает ежегодно, благодаря деятельности электросетевых компаний по очистке опор ЛЭП от гнёзд птиц, неизвестно.

Развитие добычи урана в песках Мойын-кум также негативно сказывается на орле-могильнике. Происходит прямое разрушение естественных местообитаний и смещение гнездовых участков из-за фактора беспокойства. Помимо этого, добыча урана методом подземного выщелачивания, который сейчас является приоритетным методом, способствует развитию плотной сети птицепасных ЛЭП в местообитаниях орлов-могильников.

Так как орёл могильник для своего гнездования зачастую выбирает места в непосредственной близости от ферм (в лесополосах, в поймах рек), существует угроза изъятия птенцов из гнёзд местными жителями с целью продажи их охотникам с ловчими птицами или на чучела. По крайней мере, один такой случай был выявлен в 2022 г. – фермеры покинули летний лагерь скота, забрав с собой оперяющихся птенцов орла-могильника из ближайшего к ферме гнезда. Также гнездование орлов близ ферм чревато хищничеством пасту-

a small set of points of the absence of a species in biotopes similar in their characteristics to breeding biotopes worsened the model parameters. Therefore, at the final stage of modeling, we reduced the set of species absence points, bringing it closer to a balanced one, to the detriment of the quality of identifying real breeding biotopes for several types of forests. In the final model, several different tree stands in which the EIE is not nesting were found to be in the group with a predictive probability of the presence of the species ranging from 50 to 75%. In the same group, less than 45% of the points of presence of the EIE for which the modeling was carried out turned out to be, while 96.4% of all 55 points participating in the modeling fell into the 100-meter buffer zone of pixels, for which the probability of the presence of eagles is determined to be 75%. That is why, when creating the final map of breeding biotopes, we classified only pixels with a probability of species presence of more than 75% as such. By doing this, we got rid of the excess area of forests classified as suitable for breeding, but also reduced the area of probable breeding for eagles in sub-optimal conditions. For population assessment, this is more important, since the excess area of habitats suitable for breeding distorts the estimate upward much more significantly than the lack of area of suboptimal habitats for breeding underestimates it. Only 3.64% of EIE nests remained outside the 100 m buffer zone around pixels of breeding biotopes with a probability of species presence of more than 75% and 1.82% – outside the contour of suitable habitats (i.e. outside the 3.14 km buffer zone around pixels of breeding biotopes) – all these nests (2) were made by eagles on electric poles.

As can be seen from the above, the main contribution to the deterioration of the predictive indicators of the EIE distribution model was made by nests built on electric poles, as well as on single trees near wells in the sand, which were 1.5–3.3 km away from breeding biotopes type of dense forest plantations. Based on the characteristics of spatial and environmental variables, these areas were identified as unsuitable for nesting of the species.

ших собак, которые могут убивать слётков, покинувших гнёзд, но ещё плохо летающих – один такой случай также отмечен в 2022 г.

Потенциальную угрозу орлам-могильникам, гнездящимся в Мойынкумах, создают построенные и планирующиеся к строительству ВЭС в Каратау и Чу-Илийских горах вокруг песков. Особенно опасны для мойынкумской гнездовой группировки орлов ВЭС в Каратау, так как через эти горы орлы, гнездящиеся в песках, мигрируют на зимовки и обратно. Однако вопрос влияния уже построенных ВЭС в Каратау на орлов остаётся неизученным.

Обсуждение

Экология вида

В 2022 г. мы определили размер кладок от 1 до 3 яиц, в среднем $2 \pm 0,63$ яйца на успешное гнездо, а размер выводков до вылета птенцов варьировал от 1 до 3 птенцов, составив в среднем $2 \pm 0,71$ птенцов на успешное гнездо, что несколько выше сведений, указанных в литературе для изучаемой территории (от 1 до 3 яиц, в среднем $1,86 \pm 0,69$ яйца на успешное гнездо ($n=7$) по: Путятин, 1986; Ковшарь, 1986; Джусупов, 2017; Амирекул и др., 2022, в среднем 1,9 яйца на проверенное гнездо с кладкой ($n=18$) по: Губин, 2018). Однако эти показатели лежат в пределах нормы для вида. В частности, по литературным источникам размер кладок орлов-могильников в Казахстане в целом варьировал от 1 до 3 яиц (Корелов, 1962, хотя в публикациях до 1960-х гг. имелась информация о кладках только из 1–2, в среднем ($n=27$) $1,56 \pm 0,51$ яиц, размер выводков составлял 1–2, в среднем ($n=12$) $1,5 \pm 0,52$ птенца (Зарудный, Кореев, 1906; Шестоперов, 1929; Спангенберг, Фейгин, 1936; Волчанец-

We also encountered the problem of a small sample, in which even one or two atypical points of presence make a noticeable contribution to the deterioration of the result. But despite these problems that arose when identifying biotopes and suitable habitats suitable for breeding for the EIE, we consider the result of our modeling of the distribution of the species in Moyinqum Sands to be good.

Population estimate

Until recently, the low attendance of Moyinqum Sands by ornithologists and bird lovers did not allow us to assess the true scale of the number of EIEs breeding in these sands. The dip in the occurrence of this species in July in public databases (see Fig. 17) and the low number of published records of breeding birds (a total of 19 records of nests and clutches over the vast study period) hinted that there were few eagles here, although the territory was suitable according to its characteristics to concentrate a large breeding group of the EIE. Only targeted study in 2022–2023. made it possible to estimate the number of eagles breeding in Moyinqum.

We found a significant difference in the density of breeding pairs of EIEs in the artificial forests of the southeastern edge of the sands and the rest of the sands along the Talas and Chu rivers, dividing them into zones A and B respectively to extrapolate accounting data. However, for zone B, the population estimate interval turned out to be quite large due to the uneven distribution of eagles in this area. Moreover, a large interval was provided by both extrapolations of census data from the surveyed plots and the RPG based on the distances between nearest neighbors, which is due to the lack of census data in the northwestern, central, and northeastern parts of the sand massif, where there is a large area of habitats suitable for the EIE.

It is obvious that the method of extrapolation of “raw” census data from surveyed plots, even when dividing the territory to estimate abundance into 2 zones, underestimated the estimate of abundance in zone A, and, conversely, greatly overestimated it in zone B. Since in most of zone A the density of distribution of nesting pairs of eagles tends to be the maximum indicator determined for site No. 3 of 2.13 pairs/100 km², then the upper



Кладка орла-могильника. Фото И. Карякина.

Clutch of the Eastern Imperial Eagle. Photo by I. Karyakin.

кий, 1937; Волошин, 1949; Шнитников, 1949; Варшавский, 1959; Корелов, 1962); в Наурзумском заповеднике в 1978–1996 гг. из 307 случаев гнездования 263 были успешными, средняя величина кладок за все годы составила 2,1 яйца, средняя продуктивность составила 1,5 слётка на пару (Брагин, 1998); в Республике Алтай (Россия) в 2009 г. кладки состояли из 1–3, в среднем ($n=12$) $2,08 \pm 0,67$ яиц, выводки – 1–3, в среднем ($n=89$) $1,6 \pm 0,58$ птенцов (Карякин и др., 2009).

Исследования 2022 г. показали удовлетворительную успешность размножения орла-могильника на исследуемой территории – 44,44% успешных гнёзд к концу сезона размножения при продуктивности 1,75 слётков на успешное гнездо и 0,78 слётков на активное гнездо (загнездившуюся пару). Несмотря на депрессию численности грызунов, орлы-могильники достаточно эффективно перестраивались на питание другими видами, в частности птицами, и прекрасно использовали остальные кормовые ресурсы (зайцы, ежи и т.д.). Можно предположить, что продуктивность могла бы оказаться выше при наличии достаточного количества грызунов, как это наблюдается, например, в Венгрии или в Кустанайской области Казахстана. В Венгрии в 2001–2009 гг. выводки состояли из 1,54–1,93 птенцов на успешную пару в год, а общая годовая производительность орлов составляла 0,91–1,30 птенца на загнездившуюся пару (Horváth *et al.*, 2011). В островных лесах подзон умеренно сухих и сухих степей Кустанайской области, при средней доле ежегодно размножающихся пар орлов-могильников в 77,5%, продуктивность составляла в среднем 1,3 оперившихся птенца на пару (Брагин и др., 2012). Конкретно в Наурзумском бору в 1978–1996 гг. число слётков от количества отложенных яиц составило 71,7%, но в зависимости от условий гнездования оно изменялось от 48,9% (разрозненные колки на склонах плато) до 76,5% (Наурзумский и Терсекский боры) (Брагин, 1998). Таким образом, в Мойынкумах продуктивность гнездовой группировки орла-могильника, выявленная нами в 2022 г., не была высокой, какой могла бы быть, но её можно считать хорошей при сложившейся кормовой ситуации. Это предполагает её устойчивость в дальнейшем вне зависимости от динамики численности отдельных видов добычи, пусть и базовых.

Питание орла-могильника в Мойынкумах оказалось схожим с таковым на всей территории юго-востока Казахстана. Несмотря на депрессию численности грызунов, орлы



Слëток орла-могильника около гнезда.

Фото И. Карякина.

Fledgling of the Eastern Imperial Eagle near the nest.

Photo by I. Karyakin.

limit of the population estimate for zone A in the range from 45 to 62 pairs should be considered more objective. But it also method gives lower results than RPG, which is based on distances between nearest neighbors. In zone B, we have only two massifs of Saxaul forests most suitable for the breeding of eagles, where eagles can nest with an average density for a given territory – in the west and the northeast of the sands. In the rest of the territory, the distance between nearest neighbors can tend to a maximum, which creates large errors in predicting the distribution of potential breeding territories. In addition, in this zone, greater uncertainty in the distribution of the EIE is created by the distribution of living farms, as well as larger predators, such as the Golden Eagle and the White-Tailed Eagle, which begin breeding earlier than the EIE, and therefore occupy nesting sites earlier, the more thereby limiting the distribution of EIEs in the most attractive habitats from the point of view of nesting substrates. The Golden Eagle provides serious competition to the EIE inside the sand massif, and the White-Tailed Eagle – in the valley of the Chu River. Therefore, the lower range of abundance estimates obtained as a result of recalculation of “raw” census data from surveyed plots should be considered more realistic for zone B – from 160 to 294 pairs. However, also looks overestimated, taking into because the large distances between nearest neighbors as on plot

достаточно хорошо осваивали прочие кормовые ресурсы, на большей части участков не прерывая размножения и даже не снижая продуктивности. Отход потомства наблюдался в основном по причинам, связанным с фермерами (беспокойство, хищничество собак, изъятие птенцов), а не по причине исчезновения колоний сусликов и песчанок на гнездовых участках. Следует заметить, что трофическая пластичность орлов-могильников последние годы доказана для многих территорий его гнездового ареала и является важной составляющей выживания и роста численности вида. Например, в Венгрии с 1982 по 2017 гг. ранее многочисленный хомяк (*Cricetus cricetus*) стал маргинальным (7,42%), а суслики (*Spermophilus citellus*) практически исчезли (0,03%) из рациона орлов-могильников; параллельно с исчезновением традиционных видов кормов врановые (13,10%), голуби (8,90%), водоплавающие птицы (6,83%), другие грызуны (6,71%), косули (*Capreolus capreolus*) (5,59%), хищные птицы и совы (4,88%) стали регулярно обнаруживаемыми видами добычи; орлы использовали наиболее распространённые источники пищи и не зависели исключительно от статуса какого-либо одного конкретного вида (Horváth *et al.*, 2018). В Болгарии орлы питались преимущественно ежами (29,88 %), сусликами (16,85 %) и аистами (*Ciconia* sp., 7,74 %), успешно адаптируясь к новому источнику пищи, которого много в конкретном районе ареала – вид и здесь показал гибкость рациона и способность переключаться на альтернативную добычу, если таковая имеется, при уменьшении основной добычи (Demerdzhiev *et al.*, 2022). Для близкого испанского орла-могильника (*Aquila adalberti*) также отмечено, что когда основной добычи (дикого кролика *Oryctolagus cuniculus*) мало, питание базируется на альтернативной добыче, такой как голуби или падаль, и орлы достаточно хорошо переживают продолжительные периоды депрессии численности базового объекта добычи (Sánchez *et al.*, 2009).

Моделирование распространения

Как и в любой работе по моделированию распространения редкого вида мы столкнулись с проблемой подбора сбалансированного набора данных присутствия и отсутствия вида. Количество точек отсутствия в два раза превышало количество точек присутствия вида, особенно в части близких по своим характеристикам биотопов, в которых орёл-могильник гнездится и отсутствует, например саксаульники в песках старые (гнездится) и молодые (от-

No. 1, and in the Chuya part of the sands.

The estimate of the EIE population could be improved by analyzing the distribution of farms, since in the area under consideration this eagle does not nest further than 4.5 km from them. However, identifying farms in the sand is a separate labor-intensive task. For now, we can correct the results of extrapolation of the EIE abundance relative to farms only for the surveyed territories for which there are GIS layers of farms.

The population estimate of the EIE we received for the Moyinqum Sands at 79–275, average 150 breeding pairs, is a kind of starting point, and in the future, it will need to be clarified by increasing the volume of census data. But it is already obvious that the number of EIE breeding in the Dzhambyl region should be increased at least 3 times. Previously, 36 pairs were known to nest here (Gubin, 2018; Karyakin, 2018), and the population was estimated at 50–80 pairs (Karyakin, 2020). Currently, 72 pairs of imperial eagles are known to nest in the region, and the population is estimated at 150–320 pairs. Moreover, only in Moyinqum Sands, which occupies no more than a third of the territory of the Dzhambyl region, less than 10% of habitats suitable for the EIE were visited by ornithologists, and only 6.23% were covered by surveys.

Conclusion

Moyinqum is the southeastern edge of the EIE' breeding range. Previously, it was assumed that EIEs breeding in the Moyinqum Sands form the southeastern edge of the Betpakdala breeding group of the Desert population of this species (Karyakin, 2020), however, new data obtained suggest that an independent breeding group of EIEs is concentrated



Слёток орла-могильника в гнезде. Фото И. Карякина.

Eastern Imperial Eagle fledgling in the nest.
Photo by I. Karyakin.

сутствует), однорядные лесополосы на ненарушенных пастбищах (гнездится) и среди полей (отсутствует). Увеличение набора точек отсутствия вида приводило с одной стороны к тому, что отсекалась большая часть лесных сообществ, в которых вид не гнездится, но с другой стороны ухудшало прогностические качества модели за счёт ложноотрицательного определения ряда субоптимальных для вида биотопов, но в которых орёл всё же гнездится – одиночные деревья по кромке песков, пойменные лесонасаждения, однорядные лесополосы среди пастбищ и т.п. Так как нами была поставлена амбициозная задача – смоделировать гнездопригодные биотопы в пространственном разрешении 50 м, то даже небольшой набор точек отсутствия вида в биотопах близких по своим характеристикам к гнездовым, ухудшал параметры модели. Поэтому на заключительном этапе моделирования мы сократили набор точек отсутствия вида, приблизив его к сбалансированному, в ущерб качеству выделения реальных гнездовых биотопов для нескольких типов лесонасаждений. В итоговой модели ряд различных древесных насаждений, в которых орёл-могильник отсутствует на гнездовании, оказался в группе с прогностической вероятностью присутствия вида от 50 до 75%. В этой же группе оказалось менее 45% точек присутствия орла-могильника, по которым осуществлялось моделирование, при этом 96,4% от всех участвовавших в моделировании 55 точек попали в 100-метровую буферную зону пикселей, с вероятностью присутствия вида более 75%. Именно поэтому при формировании итоговой карты гнездопригодных биотопов мы отнесли к таковым только пиксели с вероятностью присутствия вида более 75%. Этим мы избавились от избыточной площади лесонасаждений, отнесенных к гнездопригодным, но и сократили площадь вероятного гнездования орлов в субоптимальных условиях. Для целей оценки численности это более важно, так как избыточная площадь гнездопригодных биотопов искажает оценку в сторону увеличения гораздо существеннее, чем недостаток площади субоптимальных для гнездования биотопов её занижает. Лишь 3,64% гнёзд орла-могильника остались за пределами 100 м буферной зоны вокруг пикселей гнездопригодных биотопов с вероятностью присутствия вида более 75% и 1,82% – за пределами контура пригодных местообитаний (т.е. за пределами 3,14-километровой бу-



*Орёл-могильник. Фото И. Карякина.
Eastern Imperial Eagle. Photo by I. Karyakin.*

here, the core of which is localized in the southeastern part of the sands. Understanding this is extremely important when planning territorial protection of the species in Southern and South-Eastern Kazakhstan. The preservation of a large breeding group of the EIE in Moyinqum Sands may contribute to the restoration of the species in the southeast of Kazakhstan, where this eagle has practically disappeared from breeding.

Acknowledgements

Field work in 2022–2023 was supported by the Trevor Poyser Species Conservation Fund through the Ornithological Society of the Near East (OSME)⁵⁵, the Global Greengrants Fund⁵⁶, The Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF)⁵⁷, as well as the partner organization The Altai Project (USA)⁵⁸ as part of the “Endangered Raptors Conservation on the Indo-Palearctic Migration Flyway”.

The authors thank Director of the Biodiversity Research and Conservation Center Community Trust (BRCC)⁵⁹, for organizing the expedition and providing all-round moral support, participants in the field work: Kordian Bartoszek and Alexander Milezhik, and driver Bauyrzhan Utebayev for driving in difficult conditions. Special thanks to Jennifer Castner for editing this article in English.

ферной зоны вокруг пикселей гнездопригодных биотопов) – все эти гнёзда (2) были устроены орлами на опорах ЛЭП.

Как видно из написанного выше, основной вклад в ухудшение прогностических показателей модели распространения орла-могильника внесли гнёзда, устроенные на опорах ЛЭП, а также на одиночных деревьях близ колодцев в песках, которые были удалены на 1,5–3,3 км от гнездопригодных для вида плотных лесонасаждений и по характеристикам пространственных и экологических переменных эти участки идентифицировались как непригодные для гнездования вида. Также мы столкнулись с проблемой малой выборки, в которой даже одна-две нетипичных точки присутствия вносят заметный вклад в ухудшение результата. Но несмотря на эти проблемы, возникшие при выделении гнездопригодных для орла-могильника биотопов и пригодных местообитаний, мы считаем хорошим результат нашего моделирования распространения вида в Мойынкумах.

Оценка численности

Слабая посещаемость Мойынкумов орнитологами и любителями птиц до последнего времени не позволяла оценить истинный масштаб численности орлов-могильников на гнездовании в этих песках. Провал во встречаемости этого вида в июле в открытых базах данных (см. рис. 17) и малое число опубликованных встреч с гнездящимися птицами (всего 19 регистраций гнёзд и кладок за огромный период исследований) намекали на то, что орлов здесь мало, хотя территория подходила по своим характеристикам для сосредоточения крупной гнездовой группировки вида. Только целевое исследование в 2022–2023

гг. позволило оценить численность гнездящихся в Мойынкумах орлов.

Мы обнаружили существенную разницу в плотности гнездящихся пар орлов-могильников в пескоукрепительных лесопосадках юго-восточной кромки песков и на остальной территории песков вдоль р. Талас и вдоль р. Чу, разбив их соответственно на зоны А и В для целей экстраполяции учётных данных. Тем не менее, для зоны В интервал оценки численности оказался достаточно большим из-за неравномерного распространения орлов на данной территории. Причём большой интервал давали как экстраполяция учётных данных с площадок, так и ГСЧ по дистанциям между ближайшими соседями, что связано с недостатком учётных данных в северо-западной, центральной и северо-восточной частях массива песков, где имеется большая площадь гнездопригодных для вида местообитаний.

Очевидно, что метод экстраполяции «сырых» учётных данных с площадок даже при разделении территории для оценки численности на 2 зоны занижил оценку численности в зоне А, и наоборот, сильно завысил в зоне В. Так как на большей части зоны А плотность распределения гнездящихся пар орлов стремится к максимальному показателю, определённому для площадки № 3 в 2,13 пар/100 км², то более объективным следует считать верхний предел оценки численности для зоны А в диапазоне от 45 до 62 пар. Но и он даёт более низкие показатели, чем ГСЧ, базирующийся на дистанциях между ближайшими соседями. В зоне В мы имеем лишь два массива максимально пригодных для гнездования вида саксаульников, где орлы могут гнездиться со средней плотностью для данной

Одно из самых южных известных гнёзд орла-могильника на юго-востоке Мойынкумов.
Фото И. Карякина.

One of the southernmost known nests of the Eastern Imperial Eagle in the southeast of Moyinqum Sands.
Photo by I. Karyakin.



территории, – на западе и на северо-востоке песков. На остальной территории дистанция между ближайшими соседями может стремиться к максимальной, что создаёт большие погрешности в прогнозировании распределения потенциальных гнездовых участков. К тому же в этой зоне большую неопределенность в распространении орла-могильника создаёт распределение жилых ферм, а также более крупных хищников, таких как беркут и орлан-белохвост, которые раньше орлов-могильников приступают к размножению, а следовательно, раньше занимают гнездовые участки, тем самым ограничивая распределение орлов-могильников в наиболее привлекательных с точки зрения гнездовых субстратов местообитаниях. Беркут оказывает серьёзную конкуренцию орлу-могильнику внутри массива песков, орлан – в долине р. Чу. Поэтому более реальным для зоны В следует считать нижний диапазон оценки численности, полученный в результате пересчёта «сырых» учётных данных с площадок – от 160 до 294 пар, который, впрочем, также выглядит завышенным, учитывая большие дистанции между ближайшими соседями как на площадке № 1, так и в причуйской части песков.

Оценку численности орла-могильника можно было бы улучшить, путём анализа распределения ферм, так как на рассматриваемой территории этот орёл не гнездится далее 4,5 км от них. Но выявление ферм в песках это отдельная трудоёмкая работа. И пока результаты экстраполяции численности орла-могильника относительно ферм мы можем корректировать только по обследованным территориям, для которых имеются слои ферм.

Полученная нами оценка численности для Мойынкумов в 79–275, в среднем 150 гнездящихся пар, является некой стартовой, и в дальнейшем её надо будет уточнять, наращивая объёмы учётных данных. Но уже очевидно, что численность орла-могильника на гнездовании в Джамбылской области должна быть увеличена как минимум в 3 раза. Ранее здесь было известно гнездование 36 пар (Губин, 2018; Карякин, 2018), а численность оценивалась в 50–80 пар (Карякин, 2020). В настоящее время в области известно гнездование 72 пар орлов-могильников, а численность оценивается в 150–320 пар. При этом только в Мойынкумах, которые занимают

не более трети от территории Джамбылской области, орнитологами посещалось менее 10% пригодных для вида местообитаний, а учётами охвачено всего 6,23%.

Заключение

Мойынкумы являются юго-восточным краем гнездового ареала вида. Ранее предполагалось, что орлы-могильники, гнездящиеся в песках Мойынкум, формируют юго-восточный край Бетпакалинской гнездовой группировки Пустынной популяции этого вида (Карякин, 2020), однако полученные новые данные позволяют говорить о том, что здесь сосредоточена самостоятельная гнездовая группировка орлов-могильников, ядро которой локализовано в юго-восточной части песков. Понимание этого крайне важно при планировании территориальной охраны вида в Южном и Юго-восточном Казахстане. Сохранение в Мойынкумах крупной гнездовой группировки орла-могильника может способствовать восстановлению численности вида на юго-востоке Казахстана, где этот орёл практически исчез на гнездовании.

Благодарности

Полевые работы в 2022–2023 гг. выполнены при поддержке Фонда сохранения видов Тревожа Пойзера (Trevor Poyser Species Conservation Fund) через Орнитологическое общество Ближнего Востока (OSME)⁵⁵, Фонда ГФ (Global Greengrants Fund)⁵⁶, Фонда сотрудничества для сохранения экосистем, находящихся в критическом состоянии / The Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF)⁵⁷, а также организации-партнёра Проект «Алтай» / The Altai Project (США)⁵⁸ в рамках проекта «Сохранение уязвимых видов пернатых хищников на Индо-Палеарктическом миграционном пути» (“Endangered Raptors Conservation on the Indo-Palearctic Migration Flyway”).

Авторы благодарят директора Общественного фонда «Центр изучения и сохранения биоразнообразия» (BRCC)⁵⁹ Нурлана Онгарбаева за организацию экспедиции и всестороннюю моральную поддержку, участников полевых работ: Кордиана Бартошука и Александра Милежика, а также водителя Бауыржана Утебаева за вождение в сложных условиях. Отдельная благодарность Дженифер Кастнер за редакцию английского перевода текста статьи.

⁵⁵ <http://osme.org>

⁵⁶ <http://www.greengrants.org>

⁵⁷ <http://www.cepf.net>

⁵⁸ <http://www.altaiproject.org>

⁵⁹ <http://www.brcc.kz>

Литература / References

- Амирекул К., Басакова С., Вилев А., Губин Б., Исабеков А., Коваленко А., Муравский В., Нукусбеков М., Шмыгалев С. Могильник *Aquila heliaca* (Savigny, 1809). [Amirekul K., Baskakova S., Vilyaev A., Gubin B., Isabekov A., Kovalenko A., Muravsky V., Nukusbekov M., Shmygalev S. Eastern Imperial Eagle *Aquila heliaca* (Savigny, 1809).] – Kazakhstan birdwatching community. 2022.] URL: <https://birds.kz/v2taxgal.php?s=107&sortby=1&sort=desc&saut=all&l=ru&p=0> Дата обращения: 05.05.2023.
- Анненкова С.Ю., Ашби В. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2002. Алматы: «Tethys», 2002. С. 63. [Annenkova S.Y., Ashby V. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2002. Almaty: "Tethys", 2002: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/122151.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023.
- Березовиков Н.Н. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2002. Алматы: «Tethys», 2002. С. 63. [Berezovikov N.N. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2002. Almaty: "Tethys", 2002: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/122151.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023.
- Белялов О.В., Карпов Ф.Ф. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2002. Алматы: «Tethys», 2002. С. 63. [Belyalov O.V., Karpov F.F. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2002. Almaty: "Tethys", 2002: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/122151.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023.
- Белялов О.В., Левин А.С. Краткие сообщения о могильнике (Чимкентская область). – Редкие животные Казахстана / Отв. ред. Е.В. Гвоздев. Алма-Ата: Наука, 1986. С. 133. [Belyalov O.V., Levin A.S. Short reports about the Eastern Imperial Eagle (Chimkent region). – Rare animals of Kazakhstan / E.V. Gvozdev (Ed.). Alma-Ata, 1986: 133. (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/11/redkie-zhivotnye-kazakhstana.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.
- Брагин Е.А. Демография орла-могильника в Кустанайской области. – III конференция по хищным птицам Восточной Европы и Северной Азии: Материалы конференции 15–18 сентября 1998 г. / Отв. ред. В.М. Галушин, А.Н. Хохлов. Ч. 1. Ставрополь: СГУ, 1998. С. 14–16. [Bragin E.A. Demography of the Imperial Eagle in the Kustanay region. – III conference on birds of prey of Eastern Europe and Northern Asia: Conference proceedings September 15–18, 1998 / V.M. Galushin, A.N. Khokhlov (Eds.). Part 1. Stavropol, 1998: 14–16. (in Russian).] URL: <http://zoomet.ru/konferencii/1998-RGHP-1.pdf> Дата обращения: 05.05.2023.
- Брагин Е.А., Катцнер Т., Брагин А.Е. Численность, возрастная структура, смертность и пространственные связи популяции орла-могильника островных лесов Кустанайской области. – Хищные птицы в динамической среде третьего тысячелетия: состояние и перспективы. Труды VI международной конференции по соколообразным и совам Северной Евразии, г. Кривой Рог, Украина, 27–30 сентября 2012 г. Кривой Рог, 2012. С. 131–141. [Bragin E.A., Katzner T., Bragin A.E. Population size, age structure, mortality and spatial relations of the population of the Imperial Eagle at forest patches of Kustanay Region. – Birds of Prey in the Dynamic Environment of the Third Millennium: Status and Prospect. Proceedings of the 6th International Conference on Birds of Prey and Owls of North Eurasia, Kryvyi Rih, 27–30 September 2012. Kryvyi Rih, 2012: 131–141. (in Russian).] URL: <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2014/05/13bragin.pdf> Дата обращения: 05.05.2023.
- Варшавский С.Н. Изменение ареалов и численности птиц в Северном Приаралье и Актюбинско-Мугоджарской области за последние 50–60 лет. – Вторая Всесоюзная орнитологическая конференция, Москва, 18–25 августа 1959 г.: Тезисы докладов. Ч. 3. М.: изд-во Московского ун-та, 1959. С. 48–50. [Varshavsky S.N. Changes in the ranges and population numbers of birds in the Northern Aral Sea region and the Aktobe-Mugodzhazhar region over the past 50–60 years. – Second All-Union Ornithological Conference, Moscow, August 18–25, 1959: Abstracts. Part 3. Moscow, 1959: 48–50. (in Russian).] URL: <http://zoomet.ru/failes/Varshavskiy-1959-R4.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.
- Волошин И.Ф. Наблюдения над камышевым луном, орлом-могильником и балобаном в Северном Казахстане. – Труды Наурзумского заповедника. 1949. Вып. 2. С. 58–83. [Voloshin I.F. Observations of the Marsh Harrier, Imperial Eagle and Saker Falcon in Northern Kazakhstan. – Proceedings of the Naurzum State Nature Reserve. 1949. 2: 58–83. (in Russian).]
- Волчанецкий И.Б. К орнитофауне Волжско-Уральской степи. – Праці Науково-дослідного зоолого-біологічного інституту. Сектор екології. [Труды научно-исследовательского Зоолого-биологического института. Сектор экологии.] Харьков, 1937. Т. 4. С. 23–78. [Volchanetsky I.B. To the ornithofauna of the Volga-Ural steppe. – Proceedings of the Scientific Research Zoological and Biological Institute. Ecology Series. Kharkov, 1937. 4: 23–78. (in Russian).]
- 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. Сообщение 1. Неворобьиные (Podicipediformes – Piciformes). – Selevinia (2016). 2017. Т. 24. 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. Part 1 – Non-passerines (Podicipediformes – Piciformes). – Selevinia (2016). 2017. 24: 201–208. (in Russian).] URL: https://backend.selevinia.kz/storage/archives_files/JfIUjHJKMJ2T9QBW0YZSWqNkA8ookiAx-IS14R3P9.pdf#page=207 Дата обращения: 05.05.2023.
- Гаврилов А.Э., Гаврилов Э.И. Результаты кольцевания в 2005 году. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006. С. 223–224. [Gavrilov A.E., Gavrilov E.I. The results of ringing in 2005. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: "Tethys", 2006: 16–23. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf#page=225> Дата обращения: 05.05.2023.
- 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. 92–83. [Gavrilov A.E., Gavrilov E.I., Dikhanbaev A.N., Sarsekova K.A., Abaev A.J. Results of work at the Chokpak ornithological station in 2003. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: "Tethys", 2004: 92–93. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf#page=91> Дата обращения: 05.05.2023.
- Гаврилов Э.И., Гисцов А.П. Сезонные перелеты птиц в предгорьях Западного Тянь-Шаня. Алма-Ата, 1985. 224 с. [Gavrilov E.I., Gistsov A.P. Seasonal bird flights in the foothills of the Western Tien Shan. Alma-Ata, 1985: 1–222. (in Russian).] Дата обращения: 05.05.2023.
- Гаврилов А.Э., Колбинцев В.Г. Материалы по птицам Каратау и Западного Тянь-Шаня в 2003 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы: «Tethys», 2004. С. 97–99. [Gavrilov A.E., Kolbintsev V.G. Materials on the Birds of Karatau and the Western Tien Shan in 2003 – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: "Tethys", 2004: 97–99. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf#page=98> Дата обращения: 05.05.2023.
- Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть: Учебник для студентов географических факультетов университетов. М., Мысль, 1978. 512 с. [Gvozdetsky 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: 05.05.2023.

Губин Б.М. Орнитологические наблюдения на кромке пустыни Кызылкум в 2003 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы: «Tethys», 2004. С. 105–108. [Gubin B.M. Ornithological observations at the edge of the Kyzylkum desert in 2003. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: “Tethys”, 2004: 105–108. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf#page=106> Дата обращения: 05.05.2023.

Губин Б.М. Птицы пустынь Казахстана. Кн. 2. Алматы: ТОО «SprintR», 2018. 289 с. [Gubin B.M. Birds of the deserts of Kazakhstan. Vol. 2. Almaty, 2018: 1–289. (in Russian).] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/01/book-2_bg-1.pdf Дата обращения: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

Губин Б.М., Гаврилов А.Э., Гисцов А.П. Птицы низовьев р. Сарысу и Теликольских озёр (Казахстан). – Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии / Ред. А.Ф. Ковшарь, Э.А. Рустамов, О.В. Митропольский, А.С. Левин, В.А. Ковшарь. Вып. 4. Алматы: МОО–СОПК, 2017. С. 132–152. [Gubin B.M., Gavrilov A.E., Gistsov A.P. Birds of the lower part of Sarysu river and Telikol lakes – Ornithological News of Kazakhstan and Middle Asia / A.F. Kovshar, E.A. Rustamov, O.V. Mitropolsky, A.S. Levin, V.A. Kovshar (Eds.). Vol. 4. Almaty, 2017: 132–152. (in Russian).] URL: <https://zoomet.ru/zhurnal/Ornit-vestn-Kz-SA-4-2017.PDF#page=136> Дата обращения: 05.05.2023

Губин Б.М., Левин А.С. Орнитофауна прискважинных водоемов юга Казахстана. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2007. Алматы: «Tethys», 2008. С. 290–296. [Gubin B.M., Levin A.S. Ornithofauna of near-water bodies of water in southern Kazakhstan – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2007. Almaty: “Tethys”, 2008: 290–296. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/608531.pdf#page=284> Дата обращения: 05.05.2023.

Губин Б.М., Левин А.С. Птицы песков Арыскуп и низовьев реки Сарысу. – Русский орнитологический журнал. 2017. Т. 26, Экспресс-выпуск 1418. С. 1021–1055. [Gubin B.M., Levin A.S. Birds of the Arysksand and the lower reaches of the Sarysu River. – The Russian Journal of Ornithology. 2017. 26(1418): 1021–1055. (in Russian).] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ptitsy-peskov-aryskum-i-nizoviev-reki-sarysu> Дата обращения: 05.05.2023.

Губин Б.М., Скляренко С.Л. Птицы восточной кромки пустыни Кызылкум. – Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии / Ред. А.Ф. Ковшарь, А.С. Левин, Э.А. Рустамов, В.А. Ковшарь, О.В. Митропольский. Вып. 3. Алматы, 2014. С. 84–134. [Gubin B.M., Sklyarenko S.L. Birds of Eastern edge of Kyzylkum Desert. – Ornithological News of Kazakhstan and Middle Asia / A.F. Kovshar, A.S. Levin, E.A. Rustamov, V.A. Kovshar, O.V. Mitropolsky (Eds.). Vol. 3. Almaty, 2014: 84–134. (in Russian).] URL: <https://zoomet.ru/zhurnal/Ornit-vestn-Kz-SA-3-2014.pdf#page=100> Дата обращения: 05.05.2023.

Джусупов Т.К. Оологические сборы Е.П. Спангенберга в Казахстане. – Selevinia (2016). 2017. Т. 24. С. 177–184. [Dzhusupov T.K. Egg collection of E.P. Spangenberg from Kazakhstan. – Selevinia (2016). 2017. 24: 177–184. (in Russian).] URL: https://backend.selevinia.kz/storage/archives_files/jflUjHJKM-J2T9QBW0YZSWqNkA8ookiAxIS14R3P9.pdf#page=181 Дата обращения: 05.05.2023.

Ерохов С.Н., Коваленко А.В., Кравченко С.А. Основные результаты учетов зимующих водоплавающих и хищных птиц в бассейне среднего течения Сырдарьи. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006. С. 57–59. [Erokhov S.N., Kovalenko A.V., Kravchenko S.A.

The main results of censuses of wintering waterfowl and birds of prey in the middle reaches of the Syrdarya river basin. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: “Tethys”, 2006: 57–59. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf#page=59> Дата обращения: 05.05.2023.

Зарудный Н.А., Кореев Б.П. Орнитологическая фауна Семиреченского края. – Материалы к познанию фауны и флоры Российской империи. Отдел зоологический. 1906. Вып. 7. С. 146–247. [Zarudny N.A., Koreev B.P. Ornithological fauna of the Semirechye region. – Materials for the knowledge of the fauna and flora of the Russian Empire. Zoological Series. 1906. 7: 146–247. (in Russian).]

Карпов Ф.Ф., Бекбаев Е.З. О птицах сухого русла реки Курты. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2004. Алматы: «Tethys», 2005. С. 214. [Karpov F.F., Bekbaev E.Z. On the birds of the dry riverbed of the Kurta River – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2004. Almaty: “Tethys”, 2005: 214. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/388531.pdf#page=214> Дата обращения: 05.05.2023.

Карпов Ф.Ф., Панов А.В. О весеннем пролёте птиц в низовьях р. Чу в марте 2008 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2008. Алматы: «Tethys», 2009. С. 93–96. [Karpov F.F., Panov A.V. On the spring migration of birds in the lower reaches of the Chu river in March 2008. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2008. Almaty: “Tethys”, 2009: 93–96. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/7ecea1.pdf#page=93> Дата обращения: 05.05.2023.

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). Nizhny Novgorod: Publishing House “Povolzhie”, 2004: 1–351. (in Russian).] URL: <http://rrrcn.ru/en/archives/11151> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В. Распространение, численность и статус орла-могильника в России и Казахстане. – Пернатые хищники и их охрана. 2018. Спецвып. 1. С. 115–117. [Karyakin I.V. Distribution, population number and status of the Eastern Imperial Eagle in Russia and Kazakhstan. – Raptors Conservation. 2018. Suppl. 1: 115–117.] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/32583> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В. Популяционная структура гнездового ареала орла-могильника. – Пернатые хищники и их охрана. 2020. № 41. С. 64–332. [Karyakin I.V. Breeding Population Structure of the Eastern Imperial Eagle. – Raptors Conservation. 2020. 41: 64–332.] DOI: 10.19074/1814-8654-2020-41-64-332 URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/33851> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В., Барабашин Т.О. Результаты российской экспедиции в Казахстан в 2005 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006. С. 16–23. [Karyakin I.V., Barabashin T.O. Results of the Russian expedition to Kazakhstan in 2005. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: “Tethys”, 2006: 16–23.] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf#page=18> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В., Книжов К.И., Николенко Э.Г., Ширяев О.В., Пуликова Г.И., Каптёнкина А.Г. Стервятник в горах Каратау и на прилегающих территориях, Казахстан. – Пернатые хищники и их охрана. 2022 а. № 44. С. 96–187. [Karyakin I.V., Knizhov K.I., Nikolenko E.G., Shiriaev O.V., Pulikova G.I., Kaptyonkina A.G. Egyptian Vulture in the Karatau Mountains and Adjacent Territories, Kazakhstan. – Raptors Conservation. 2022 а. 44: 96–187.] DOI: 10.19074/1814-8654-2022-44-96-187 URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/34648> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В., Книжов К.И., Николенко Э.Г., Ширяев О.В., Пуликова Г.И., Каптёнкина А.Г. Баблан в горах Каратау и на прилегающих территориях (Казахстан) – результаты иссле-

дований 2022 года. — Пернатые хищники и их охрана. 2022 б. № 45. С. 32–83. [Karyakin I.V., Knizhov K.I., Nikolenko E.G., Shiriaev O.V., Pulikova G.I., Kaptyonkina A.G. Saker Falcon in the Karatau Mountains and surrounding territories (Kazakhstan) – results of 2022 research. – Raptors Conservation. 2022 б. 45: 32–83.] DOI: 10.19074/1814-8654-2022-45-32-83 URL: <http://rrrcn.ru/archives/34729> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В., Лапшин Р.Д., Шестакова А.А. ArcView GIS для экологов. Инструктивно-методическое пособие. Н. Новгород, 2009. 543 с. [Karyakin I.V., Lapshin R.D., Shestakova A.A. ArcView GIS for ecologists. Инструктивно-методическое пособие. Guide. Nizhny Novgorod, 2009: 1–543. (in Russian).] URL: <http://rrrcn.ru/ru/arcview-gis-dlya-ekologov5/49> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В., Николенко Э.Г., Вахов С.В., Бекмансуров Р.Х. Могильник в горах Алтая: результаты 2009 года, Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2009. № 16. С. 129–138. [Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Vazhov S.V., Bekmansurov R.H. Imperial Eagle in the Altai Mountains: Results of the Research in 2009, Russia. – Raptors Conservation. 2009. 16: 129–138.] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/19506> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И.В., Николенко Э.Г., Шнайдер Е.П., Зиневич Л.С., Пуликова Г.И., Андреевкова Н.Г., Бартошук К., Хорват М., Юхаш Т., Проммер М. Развитие ветроэнергетики в Восточном Казахстане угрожает мигрирующим орлам. – Пернатые хищники и их охрана. 2021. № 43. С. 108–213. [Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Shnayder E.P., Zinevich L.S., Pulikova G.I., Andreyenkova N.G., Bartoszek K., Horváth M., Juhász T., Prommer M. Wind power development in Eastern Kazakhstan threatens migration of eagles. – Raptors Conservation. 2021. 43: 108–213.] DOI: 10.19074/1814-8654-2021-43-108-213 URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/34356> Дата обращения: 05.05.2023.

Карякин И., Пуликова Г., Шнайдер Е. Орёл-могильник (*Aquila heliaca*). – Пернатые хищники Мира (Веб-ГИС «Фаунистика»). 2023. [Karyakin I., Pulikova G., Schnayder E. Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Raptors of the World (Web-GIS “Faunistics”). 2023.] URL: <http://rrrcn.wildlifemonitoring.ru> Дата обращения: 05.05.2023.

Коблик Е.А. К авифауне нижней Сырдарьи и прилегающих районов Приаралья (по материалам 1988 г.). – Selevinia (2011). 2012. Т. 19. С. 92–101. [Koblik E.A. To the avifauna of lower Syr Daya and adjacent areas of Aral Sea region (based on materials of 1988). – Selevinia (2011). 2012. 19: 92–101. (in Russian).] URL: https://backend.selevinia.kz/storage/archives_files/MoU2hb2Neb2bwwVmrjTFyPMB4UzOVRdtQGml6XU.pdf#page=94 Дата обращения: 05.05.2023.

Коваленко А.В. Наблюдения за птицами в Юго-Восточном и Южном Казахстане. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2004. Алматы: «Tethys», 2005. С. 64–66. [Kovalenko A.V. Observations of birds in South-Eastern and Southern Kazakhstan – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2004. Almaty: “Tethys”, 2005: 64–66. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/388531.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023.

Коваленко А.В. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006. С. 162–163. [Kovalenko A.V. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: “Tethys”, 2006: 162–163. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf#page=164> Дата обращения: 05.05.2023.

Коваленко А.В. Орнитологические наблюдения в Таукумах и Бетпакдале 2007 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2007. Алматы: «Tethys», 2008. С. 61. [Kovalenko A.V. Ornithological observations in Taukum and Betpakdala 2007. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2007. Almaty: “Tethys”, 2008: 61. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/608531.pdf#page=61> Дата обращения: 05.05.2023.

Коваленко А.В., Гаврилов Э.И., Белялов О.В., Карпов Ф.Ф., Анненкова С.Ю. Орнитологические наблюдения на озере Кызылколь (Южный Казахстан). – Русский орнитологический журнал. Экспресс выпуск 11 (199). 2002 а. С. 879–887. [Kovalenko A.V., Gavrilov E.I., Belyalov O.V., Karpov F.F., Annenkova S.Yu. Ornithological observations on Lake Kyzylkol (Southern Kazakhstan). – The Russian Journal of Ornithology. 11(199). 2002 а: 879–887. (in Russian).] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ornitologicheskie-nablyudeniya-na-ozere-kyzylkol-yuzhnyy-kazahstan-v-period-sezonnyh-migratsiy> Дата обращения: 05.05.2023.

Коваленко А.В., Гаврилов Э.И., Гаврилов А.Э. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2002. Алматы: «Tethys», 2002 б. С. 63. [Kovalenko A.V., Gavrilov E.I., Gavrilov A.E. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2002. Almaty: “Tethys”, 2002 б: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/122151.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023.

Коваленко А.В., Карпов Ф.Ф. Обследование мест зимовок на Шардаринском водохранилище в январе 2007 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2007. Алматы: «Tethys», 2008. С. 54–55. [Kovalenko A.V., Karpov F.F. Survey of wintering areas in the Shardara Reservoir in January 2007. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2007. Almaty: “Tethys”, 2008: 54–55. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/608531.pdf#page=54> Дата обращения: 05.05.2023.

Коваленко А.В., Кравченко С.А. Обследование мест зимовок водоплавающих птиц в Южно-Казахстанской области в феврале 2006г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2006. Алматы: «Tethys», 2007. С. 49–53. [Kovalenko A.V., Kravchenko S.A. Survey of waterfowl wintering places in the South Kazakhstan region in February 2006. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2006. Almaty: “Tethys”, 2007: 49–53. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/523cb1.pdf#page=50> Дата обращения: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

Ковшарь А.Ф. Краткие сообщения о могильнике. – Редкие животные Казахстана / Отв. ред. Е.В. Гвоздев. Алма-Ата: Наука, 1986. С. 133, 134. [Kovshar A.F. Short reports about the Eastern Imperial Eagle. – Rare species of animals of Kazakhstan / E.V. Gvozdev (Ed.). Alma-Ata, 1986: 133, 134 (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/11/redkie-zhivotnye-kazahstana.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.

Ковшарь А.Ф. Некоторые результаты поездки с английскими орнитологами – любителями по Алматинской области в мае 2003 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы: «Tethys», 2004. С. 114–115. [Kovshar A.F. Some results of a trip with English birdwatchers in the Almaty region in May 2003 – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: “Tethys”, 2004: 114–115. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf#page=115> Дата обращения: 05.05.2023.

Ковшарь А.Ф. Орнитологические наблюдения с двумя группами туристов английского клуба «Naturetrek» в Алматинской области в мае 2007 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2007. Алматы: «Tethys», 2008. С. 107–111. [Kovshar A.F. Ornithological observations with two groups of tourists English club “Naturetrek” in Almaty region in May 2007 – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2007. Almaty: “Tethys”, 2008: 107–111. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/608531.pdf#page=107> Дата обращения: 05.05.2023.

Ковшарь А.Ф. Авифауна Западного Тянь-Шаня (состав и динамика в XX–XXI в.). – Орнитологический вестник Казах-

стана и Средней Азии/ Ред. А.Ф. Ковшарь, Э.А. Рустамов, О.В. Митропольский, А.С. Левин, В.А. Ковшарь. Вып. 4. Алматы: МОО-СОПК, 2017. С. 11–50. [Kovshar A.F. Avifauna of West Tien Shan (composition and dynamics in XX–XXI). – Ornithological News of Kazakhstan and Middle Asia / A.F. Kovshar, E.A. Rustamov, O.V. Mitropolsky, A.S. Levin, V.A. Kovshar (Eds.). Vol. 4. Almaty, 2017: 11–50. (in Russian).] URL: <https://zoomet.ru/zhurnal/Ornit-vestn-Kz-SA-4-2017.PDF#page=15> Дата обращения: 05.05.2023

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).]

Ковшарь А.Ф., Губин Б.М., Левин А.С., Белялов О.В. Стационарные орнитологические наблюдения в марте-июне 1982 г. на северо-западе пустыни Сары-Ишикотрау (Южное Прибалхашье). – Selevinia. 2020. Т. 28. С. 257–284. [Kovshar A.F., Gubin B.M., Levin A.S., Belyalov O.V. Stationary ornithological observations in March–June 1982 in north-west of Sary-Ishikotrau desert (South Pribalkhashye). – Selevinia. 2020. 28: 257–284. (in Russian).] URL: https://backend.selevinia.kz/storage/archives_files/ia0v6W44V06Cl33rd6pUH6XVFinkr4Sagf1VJXZ4.pdf#page=258 Дата обращения: 05.05.2023.

Ковшарь А.Ф., Губин Б.М., Левин А.С., Березовиков Н.Н., Жатканбаев А.Ж., Карпов Ф.Ф. Ключевые орнитологические территории пустынной зоны Казахстана (предварительные итоги исследований 2003–2005 гг.). – Selevinia (2005). 2006. Т. 13. С. 5785. [Kovshar A.F., Gubin B.M., Levin A.S., Berezovikov N.N., Zhatkanbaev A.Zh., Karpov F.F. Important birds areas of the desert zone of Kazakhstan (preliminary results of 2003–2005 research). – Selevinia (2005). 2006. 13: 57–85. (in Russian).] URL: https://backend.selevinia.kz/storage/archives_files/knyem5UyG98TjC2ZxFHJN7YF4Fs6ArslVz6Xly1.pdf#page=60 Дата обращения: 05.05.2023

Ковшарь А.Ф., Левин А.С., Белялов О.В. Птицы пустыни Бетпак-Дала. – Труды Института Зоологии. Т. 48. Орнитология. Алматы. 2004. С. 85–125. [Kovshar A.F., Levin A.S., Belyalov O.V. Birds of the Betpak-Dala Desert. – Proceedings of the Institute of Zoology. T. 48. Ornithology. Almaty. 2004: 85–125. (in Russian).]

Ковшарь В.А. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2002. Алматы: «Tethys», 2002. С. 63. [Kovshar V.A. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2002. Almaty: «Tethys», 2002: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/122151.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023

Ковшарь В.А. Орнитологический тур с британской группой «Limosa». – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006 а. С. 147. [Kovshar V.A. Ornithological tour with the British group «Limosa». – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: «Tethys», 2006 а: 147. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf#page=149> Дата обращения: 05.05.2023

Ковшарь В.А. Орнитологическая поездка с группой французских любителей птиц. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006 б. С. 151–153. [Kovshar V.A. Ornithological trip with a group of French bird watchers. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: «Tethys», 2006 б: 151–153. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf#page=153> Дата обращения: 05.05.2023.

Колбинцев В.Г. Современное состояние популяции редких гнездящихся видов сов и хищных птиц в Малом Каратау. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы: «Tethys», 2004. 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: 214–219. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf#page=215> Дата обращения: 05.05.2023.

Колбинцев В. Г. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2006. Алматы: «Tethys», 2007. С. 143. [Kolbintsev V.G. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2006. Almaty: «Tethys», 2007: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/523cb1.pdf#page=144> Дата обращения: 05.05.2023.

Колбинцев В.Г., Чаликова Е.С. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2002. Алматы: «Tethys», 2002. С. 63. [Kolbintsev V.G., Chalikova E.S. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2002. Almaty: «Tethys», 2002: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/122151.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

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_izbrannyye_trudy.djvu Дата обращения: 05.05.2023.

Левин А., Шмыгалёв С., Кунка Т. Наблюдения за хищными птицами в восточной Бетпак-Дале в 2006 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2006. Алматы: «Tethys», 2007. С. 47–48. [Levin A., Shmigalev S., Kunka T. Observations of birds of prey in eastern Betpak-Dala in 2006. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2006. Almaty: «Tethys», 2007: 47–48. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/523cb1.pdf#page=48> Дата обращения: 05.05.2023.

Малышевский Р.И. Орнитологические наблюдения в долине нижней Сыр-Дарьи весной 1964 года. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2004. Алматы: «Tethys», 2005. С. 210–213. [Malyshevsky R.I. Ornithological observations in the lower Syr-Darya valley in the spring of 1964. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2004. Almaty: «Tethys», 2005: 210–213. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/388531.pdf#page=210> Дата обращения: 05.05.2023.

Мензбир М.А. Птицы России. Т. 2. изд. 2-е. М., 1895. 1120 с. [Menzbir M.A. Birds of Russia. Vol. 2. ed. 2nd. Moscow, 1895. (in Russian).] URL: <http://zoomet.ru/failes/Menzbier-1895-R2.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.

Милюков 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.

Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Иванова Н.Ю., Ешмаханов М.К., Турсынбаев Н.А. Оценка техногенной нагрузки на водосборной территории бассейна трансграничной реки Талас на основе интегральных показателей антропогенной деятельности. – Известия НАН РК. Серия аграрных наук. 2017. Т. 2, № 38. С. 48–56. [Mustafayev Zh. S., Kozykееva A.T., Ivanova N.I. Eshmahanov M.K. Tursynbaev N.A. Assessment of anthropogenic impact on the catchment transboundary river basin Talas based integral indicators of anthropogenic activities. – News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of agricultural sciences. 2017. 2(38): 48–56.

(in Russian).] URL: <http://nblib.library.kz/elib/library.kz/jurnal/Agrarnaya%2002-2017/Mustafayev0217.pdf> Дата обращения: 05.05.2023.

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).]

Путятин В.В. Краткие сообщения о могильнике (Чимкентская область). – Редкие животные Казахстана / Отв. ред. Е.В. Гвоздев. Алма-Ата: Наука, 1986. С. 133 [Putyatin V.V. Short reports about the Eastern Imperial Eagle (Chimkent region). – Rare animals of Kazakhstan / E.V. Gvozdev (Ed.). Alma-Ata, 1986: 133. (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/11/redkie-zhivotnye-kazakhstan.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.

Пфеффер Р.Г. Могильник *Aquila heliaca* Savigny, 1809. – Красная книга Республики Казахстан. Изд. 4-е, переработанное и дополненное. Том I.: Животные; Часть 1: Позвоночные / А.М. Мелдебеков, М.Х. Байжанов, А.Б. Бекенов, А.Ф. Ковшарь. Алматы: «DPS», 2010. С. 130–131. [Pfeffer R.G. Imperial Eagle *Aquila heliaca* Savigny, 1809. 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: 130–131. (in Kazakh and Russian).] URL: https://zool.kz/wp-content/uploads/2021/02/red-data-book-rk_v1_1_2010.pdf#page=132 Дата обращения: 05.05.2023.

Равкин Ю.С., Богомолова И.Н., Николаева О.Н., Железнова Т.К. Районирование Северной Евразии по фауне наземных позвоночных и классификация их по сходству распространения. – Сибирский экологический журнал. 2014. 21(2): С. 163–181. [Ravkin Yu.S., Bogomolova I.N., Nikolaeva 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: 05.05.2023.

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://rrcn.ru/ru/archives/9149> Дата обращения: 05.05.2023.

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.). Almaty, 2006: 1–506. (in Russian).]

Савин Ю.Г., Гистов А.П. Краткие сообщения о могильнике. – Редкие животные Казахстана / Отв. ред. Е.В. Гвоздев. Алма-Ата: Наука, 1986. С. 134. [Savin Yu.G., Gistsov A.P. Short reports about the Eastern Imperial Eagle. – Rare species of animals of Kazakhstan / E.V. Gvozdev (Ed.). Alma-Ata, 1986: 134 (in Russian).] URL: <http://zool.kz/wp-content/uploads/2020/11/redkie-zhivotnye-kazakhstan.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Могильник (*Aquila heliaca*). – Казахстанский орнитологический бюллетень 2002. Алматы: «Tethys», 2002. С. 63. [Sklyarenko S.L. Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2002. Almaty: “Tethys”, 2002: 63. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/122151.pdf#page=64> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Поездка с шведской группой в 2003 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2003. Алматы:

«Tethys», 2004. С. 128–129. [Sklyarenko S.L. Trip with a Swedish group in 2003 – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2003. Almaty: “Tethys”, 2004: 128–129. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf#page=129> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Учет джека в Жусандалинской заповедной зоне. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2004. Алматы: «Tethys», 2005. С. 56–58. [Sklyarenko S.L. Accounting for the Macqueen’s Bustard in the Zhusandala protected area. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2004. Almaty: “Tethys”, 2005: 56–58. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/388531.pdf#page=56> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Арысская и Карактауская государственная заповедная зона. – Исследования по ключевым орнитологическим территориям в Казахстане и Средней Азии / Ред. С.Л. Склярченко. Алматы. 2006 а. С. 129–135. [Sklyarenko S.L. Arys and Karaktau State Reserved Zone. – Research on Important Bird Areas in Kazakhstan and Middle Asia / S.L. Sklyarenko (Ed.). Almaty. 2006 а: 129–135. (in Russian).] URL: <https://www.acbk.kz/elfinder/files/library/ornithology/Issledovaniya%20po%20IBA%20Kazakhstan%20i%20Sredney%20Asii.pdf#page=136> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Учет джека и других видов птиц в Жусандалинской заповедной зоне. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2005. Алматы: «Tethys», 2006 b. С. 76–78. [Sklyarenko S.L. Accounting for the Macqueen’s Bustard in the Zhusandala protected area. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2005. Almaty: “Tethys”, 2006 b: 76–78. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/4dd871.pdf#page=78> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Наблюдения в Семиречье с голландской группой. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2006. Алматы: «Tethys», 2007 а. С. 127–129. [Sklyarenko S.L. Observations in Semirechye with the Dutch group – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2006. Almaty: “Tethys”, 2007 а: 127–129. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/523cb1.pdf#page=128> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Летний учёт джека и других редких видов птиц в Жусандалинской заповедной зоне и Андасайском заказнике в 2006 году. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2006. Алматы: «Tethys», 2007 b. С. 54–56. [Sklyarenko S.L. Summer census of the Jack and other rare birds in the Zhusandala protected area and the Andasai preserve in 2006. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2006. Almaty: “Tethys”, 2007 b: 54–56. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/523cb1.pdf#page=55> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л. Орнитологические наблюдения в Жусандалинской заповедной зоне и Андасайском заказнике в 2008 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2008. Алматы: «Tethys», 2009. С. 97–100. [Sklyarenko S.L. Ornithological observations in Zhusandalinskaya protected area and Andasaysky reserve in 2008. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2008. Almaty: “Tethys”, 2009: 97–100. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/7ece41.pdf#page=97> Дата обращения: 05.05.2023.

Склярченко С.Л., Шмидт И.Н. Орнитологические наблюдения в Жусандалинской заповедной зоне и Андасайском заказнике в 2007 г. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2007. Алматы: «Tethys», 2008. С. 58–61. [Sklyarenko S.L., Schmidt I.N. Ornithological observations in the Zhusandala protected area and the Andasai preserve in 2007. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2007. Almaty: “Tethys”, 2008: 58–61. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/608531.pdf#page=58> Дата обращения: 05.05.2023.

Слудский А.А. Взаимоотношения хищников и добычи (на примере антилоп и других животных и их врагов). – Труды Института зоологии АН КазССР. 1962. Т. 17. С. 24–143. [Sludsky A.A. Relationship between predators and prey (by the

example of antelopes and other animals and their enemies). – Proceedings of the Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Kazakh SSR. 1962. 17: 24–143. (in Russian).]

Спангенберг Е.П., Фейгин Г.А. Птицы нижней Сыр-Дарьи и прилегающих районов. – Сборник трудов Государственного зоологического музея Московского ордена Ленина государственного университета им. М.В. Ломоносова. Т. 3. М., 1936. С. 41–184. [Spangenberg E.P., Feigin G.A. Birds of the lower Syr Darya and adjacent areas. – Collection of articles of the State Zoological Museum of the Moscow Order of Lenin State University named after M.V. Lomonosov. Vol. 3. Moscow, 1936: 41–184. (in Russian).] URL: <http://zoomet.ru/failes/Spangenberg-Feigin-1936-R.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.

Хроков В.В. К фауне птиц пустыни Моинкумы (Южный Казахстан). – Русский орнитологический журнал. 2011. Том 20, Экспресс-выпуск 676. С. 1501–1503. [Khrokov V.V. To the bird fauna of the Moinkum Desert (Southern Kazakhstan). – The Russian Journal of Ornithology. 2011. 20 (676): 1501–1503. (in Russian).] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-faune-ptits-pustyni-moinkumy-yuzhnyy-kazahstan> Дата обращения: 05.05.2023.

Цыченко К.В., Сумарокова В.В. Гидрологические основы оросительной мелиорации в бассейнах рек Шу и Талас. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 332 с. [Tsytchenko K.V., Sumarokova V.V. Hydrological bases of irrigation reclamation in Shu and Talas river basins. L., Gidrometeoizdat, 1990. 1–332. (in Russian).] URL: <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/melio-chu-talas.pdf> Дата обращения: 05.05.2023.

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: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/2332f1.pdf#page=92> Дата обращения: 05.05.2023.

Чаликова Е.С. Наблюдения за птицами в верховьях р. Арысь. – Казахстанский орнитологический бюллетень 2008. Алматы: «Tethys», 2009. С. 82–85. [Chalikova E.S. Observations of birds in the upper reaches of the Arys River. – Kazakhstan Ornithological Bulletin 2008. Almaty: “Tethys”, 2009: 80–85. (in Russian).] URL: <https://zool.kz/wp-content/uploads/2020/05/7eeea1.pdf#page=82> Дата обращения: 05.05.2023.

Чаликова Е.С., Колбинцев В.Г. К орнитофауне Каратау и Боролдайтау. – Selevinia (2005). 2006. Т. 13. С. 110–116. [Chalikova E.S., Kolbintsev V.G. To fauna of birds of Karatau and Borolday. – Selevinia (2005). 2006. 13: 110–116. (in Russian).] URL: https://backend.selevinia.kz/storage/archives_files/knyem5UyG98TjC2ZxFHJN7YF4Fs6ArsIVz6Xly1.pdf#page=114 Дата обращения: 05.05.2023.

Шевченко В.В. Птицы государственного заповедника Аксу-Джабаглы. – Труды заповедника Аксу-Джабаглы. Вып. 1. Алма-Ата, 1948. [Shevchenko V.V. Birds of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. – Proceedings of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve. Vol. 1. Alma-Ata, 1948. (in Russian).] Дата обращения: 05.05.2023.

Шестоперов Е.А. Материалы для орнитологической фауны Илийского края. – Бюллетень Московского общества испытателей природы. Новая серия. Отдел биологический. 1929. Т. 38, вып. 3–4. С. 205–248. [Shestoperov E.A. Materials for the ornithological fauna of the Ili region. – Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. New series. Biological series. 1929. 38(3–4): 205–248. (in Russian).] URL: http://ashipunov.info/russian/journals/bmsn/archive/moip_1929_038_3_4.djvu Дата обращения: 05.05.2023.

Шнитников В.Н. Птицы Семиречья. М.–Л.: изд-во АН СССР, 1949. 665 с. [Shnitnikov V.N. Birds of the Semirechye. Moscow – Leningrad, 1949: 1–665. (in Russian).] URL: <http://zoomet.ru/failes/Shnitnikov-1949-R.djvu> Дата обращения: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

BirdLife International. *Aquila heliaca* (amended version of 2017 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22696048A155464885. 2019. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22696048A155464885.en. URL: <https://www.iucnredlist.org/species/22696048/155464885> Дата обращения: 05.05.2023.

Brotons L., Thuiller W., Araújo M.B., Hirzel A.H. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting 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: 05.05.2023.

Brownlee J. Machine Learning Evaluation Metrics in R. R Machine Learning. 2016. URL: <https://machinelearningmastery.com/machine-learning-evaluation-metrics-in-r/> Дата обращения: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

Demerdzhiev D., Boev Z., Dobrev D., Terziev N., Nedyalkov N., Stoychev S., Petrov T. Diet of Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) in Bulgaria: composition, distribution and variation. – Biodiversity Data Journal 202210: e77746. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e77746> Дата обращения: 05.05.2023.

Domann F., McPherson C.M., Araújo J.B., Bivand M., Bolliger R., Carl J., Davies G.G., Hirzel R., Jetz A., Kissling W.D., Kühn W., Ohlemüller I., 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: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

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:SMIET]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: 05.05.2023.

Horváth M., Demeter I., Fatér I., Firmánszky G., Kleszó A., Kovács A., Szitta T., Tóth I., Zalai T., Bagyura J. Population Dynamics of the Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) in Hungary between 2001 and 2009. – Acta Zoologica Bulgarica. Suppl. 3. 2011: 61–70. URL: https://www.imperialeagle.hu/sites/imperialeagle.hu/files/PDFs/Horvath_et_al_2011.pdf Дата обращения: 05.05.2023.

Horváth M., Solti B., Fatér I., Juhász T., Haraszthy L., Szitta T., Ballók Zs., Pásztory-Kovács S. Temporal changes in the diet composition of the Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) in Hungary. – Ornis Hungarica. 2018. 26(1): 1–26. DOI: 10.1515/

orhu-2018-0001 URL: <https://sciencedo.com/es/article/10.1515/orhu-2018-0001> Дата обращения: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

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.

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: 05.05.2023.

Roberts D.R., Bahn V., Ciuti S., Boyce M.S., Elith J., Guilleira-Aroita 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: 05.05.2023.

Sánchez R., Margalida A., González L.M., Oria J. Temporal and spatial differences in the feeding ecology of the Spanish Imperial Eagle *Aquila adalberti* during the non-breeding season: effects of the rabbit population crash. – *Acta Ornithologica*. 2009. 44(1): 53–58. DOI: 10.3161/000164509X464885 URL: <https://www.researchgate.net/publication/232669128> Дата обращения: 05.05.2023.

Thiessen A.H. Precipitation Averages for Large Areas. – *Monthly Weather Review*. 1911. 39: 1082–1089.

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: 05.05.2023.

Valavi R., Elith J., Lahoz-Monfort J.J., Guilleira-Aroita 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: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.

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: 05.05.2023.



Слётки орла-могильника недавно покинувшие гнездо. Фото И. Карякина.

Eastern Imperial Eagle fledglings that have recently fledged the nest. Photo by I. Karyakin.