Electrocutions of Birds on Power Lines in the Altai Kray (Russia) in 2021 ГИБЕЛЬ ПТИЦ НА ЛЭП В АЛТАЙСКОМ КРАЕ (РОССИЯ) В 2021 ГОДУ

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

Шнайдер Е.П. (ООО «Сибэкоцентр», Новосибирск, Россия)

Контакт:

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

Contact:

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

Резюме

В сентябре 2021 г. были обследованы 126 км 6–10 кВ линий электропередачи в разнообразных биотопах Алтайского края – от ленточных боров до предгорий. Из обследованных линий, 27,94 км суммарно были оборудованы ПЗУ. Во время проверки были обнаружены 515 особей погибших птиц. Из них хищные птицы составляли 21%, а виды, внесённые в Красную книгу РФ, – 1,94%. Плотность фактической гибели птиц составила 5,6 ос./км, только для хищных – 1,18 ос./км. Фактический ущерб, причинённый объектам животного мира, оценён в 6,1 млн. руб. Фактический ущерб, нанесённый одной опорой, – в 3925 руб. Оценка вероятного уровня гибели птиц на осмотренных участках ПО ЛЭП за весь миграционно-гнездовой сезон составила 8,63 ос./км. Аппроксимация на условную общую протяжённость ПО ЛЭП Алтайского края даёт оценку гибели птиц в 50,7 тыс. особей за период с апреля по октябрь. Максимальный уровень гибели птиц наблюдается на ПО ЛЭП, идущих через открытые ненарушенные биотопы. Также отмечен повышенный уровень гибели птиц на анкерных и угловых опорах по сравнению с промежуточными. Суммарно для всех видов птиц превышение составляет 2,9 раза, а для хищных птиц – 4,9 раза.

Ключевые слова: хищные птицы, пернатые хищники, ЛЭП, поражение электротоком, Алтайский край.

Поступила в редакцию: 20.12.2021 г. **Принята к публикации:** 28.12.2021 г.

Abstract

In September 2021, 126 km of 6–10 kV power lines were surveyed in Altai Kray, Russia. The survey encompassed different types of habitat from pine forests to the foothills of Altai mountains. Out of 126 km, 27.94 km of power lines were equipped with bird-protection devices to prevent bird death from electrocution. We uncovered 515 cases of bird death on unsafe lines. Raptors make 21% and endangered species – 1.94%. The density of dead birds was equal to 5.6 ind./km of non-safe power lines, and of raptors – 1.18 ind./km. The observed damage to the ecosystem was estimated as 6.1 million of Rub (equal to \$ 83,350 or € 73,600), and the damage calculated per one electric pole was 3,925 Rub. The estimation of the death rate of birds on the observed length of power lines through the whole migration and breeding seasons makes 8.63 ind./km. Approximation to the presumptive total length of bird unsafe power lines in the Altai Kray makes 50,700 birds possibly die every year in the region from April till October. The highest level of bird mortality was observed on power lines stretching through open undisturbed habitats (i.e. steppe biotope). We also noted 2.9 times higher mortality on push brace poles compared with intermediate ones for all species, and 4.9 times higher for raptors only.

Keywords: birds of prey, raptors, power lines, electrocution, Altai Kray.

Received: 20/12/2021. **Accepted:** 28/12/2021.

DOI: 10.19074/1814-8654-2021-43-42-68

Введение

На территории Алтайского края широко представлены степные холмисто-увалистые ландшафты, также характерной чертой являются ленточные боры, протянувшиеся между Иртышом и Обью. Эти биотопы являются оптимальными для гнездования пернатых хищников, а также для их охоты на мелкую и среднеразмерную добычу. По предгорной части края проходит широкий миграционный коридор степных орлов (*Aquila nipalensis*), летящих на зимовки из Минусинской котловины (Карякин и др., 2019; RRRCN, 2021a; 2021b), а также орлов-могильников (*Aquila heliaca*). Через степную часть края, полностью преобразованную в сельскохозяйственные ландшафты, мигрирует большое количество канюков (*Buteo buteo*). Характерными гнездящимися обитателями края являются такие редкие виды, внесённые в Красную книгу России, как беркут (*Aquila chrysaetos*), орёл-могильник, степной орёл,

Introduction

Altai Kray has a spreading steppe, agricultural and hilly biotopes, and its peculiar character is pine forests growing on stripe-shaped sandy patches stretching through several hundred kilometers – remains of an ancient glacier. They present perfect habitats for birds of prey and owls for nesting and hunting. Along the foothills of Altai mountains lays a vast migration flyway of eagles that come from northern and eastern regions in autumn (Karyakin et al., 2019; RRRCN, 2021a; 2021b). Steppe and agricultural parts of the region are popular among migrating Buzzards (*Buteo* SP). Among breeding species of the region, there are many endangered raptors like Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*), Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*), Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*), Greater Spotted Eagle (*Clanga clanga*), White-Tailed Eagle (*Haliaeetus albicilla*), Peregrine (*Falco peregrinus*), and Eagle Owl (*Bubo bubo*) (Karyakin et al., 2005; Smelyanskiy, Tomilenko, 2005; Vazhov, 2012). For all of them, elec-

большой подорлик (*Aquila clanga*), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), сапсан (*Falco peregrinus*), филин (*Bubo bubo*) (Карякин и др., 2005; Смелянский, Томиленко, 2005; Важов, 2012).

Для всех вышеперечисленных видов хищных птиц воздушные линии электропередачи (ЛЭП), сконструированные на железобетонных опорах с заземлёнными металлическими траверсами, оснащёнными штыревыми изоляторами с голым проводом, несут повышенную угрозу ввиду их привлекательности посреди открытых биотопов в качестве присад. Птица, садящаяся на опору такой ЛЭП, имеет высокий риск поражения электрическим током в результате замыкания электроцепи при одновременном касании заземлённой траверсы и токонесущего провода (Салтыков, 2014). Проблема эта общеизвестна во всём мире (Lehman *et al.*, 2007; Карякин, 2012; Loss *et al.*, 2014; Пуликова, Воронова, 2018), и для нейтрализации фактора гибели птиц на ЛЭП от поражения электрическим током прилагаются серьёзные усилия на международном уровне (Prinsen *et al.*, 2012).

Первое обследование ЛЭП в Алтайском крае на предмет выявления птицепасных конструкций (далее ПО ЛЭП) и определения уровня гибели хищных птиц на них с целью подготовки рекомендаций по оснащению этих ЛЭП птицевозащитными устройствами (ПЗУ) проводилось двенадцать лет назад – в 2009 г. Были обследованы ЛЭП, идущие вдоль ленточных боров Алтая – Касмалинской и Барнаульской лент, а также в предгорьях Северо-Западного Алтая – всего 123,4 км ЛЭП в пределах Алтайского края; оценка средней плотности гибели птиц составила 5,15 ос./км ЛЭП в гнездовой период и 2,45 ос./км ЛЭП осенью (Карякин и др., 2009). По результатам этих исследований в адрес МРСК Сибири и компаний мобильной связи (Билайн, Мегафон и МТС) были направлены рекомендации по оснащению обследованных ЛЭП ПЗУ (Николенко, Карякин, 2012).

В данной работе были проверены новые участки птицепасных ЛЭП, появившихся в крае за 10 лет, а также перепроверены те, которые должны были быть оснащены ПЗУ по результатам прошлой проверки. Работа затронула 14 районов Алтайского края – Павловский, Ребрихинский, Мамонтовский, Романовский, Волчихинский, Новичихинский, Поспелихинский, Курьинский, Краснощёковский, Усть-Калманский, Чарышский, Петропавловский, Усть-Пристанский, Топчихинский.

trocution on unsafe power lines with pin insulators, bare wire, and grounded metal cross-arms (Saltykov, 2014) is an important threat since electric poles are considered by raptors as a convenient perching site in open landscapes. This problem is well known over the world (Lehman *et al.*, 2007; Karyakin, 2012; Loss *et al.*, 2014; Pulikova, Voronova, 2018), and serious efforts are being made on the international level to solve it (Prinsen *et al.*, 2012).

The first survey of power lines in Altai Kray was conducted in 2009. In total 123.4 km were surveyed in the region. The average density of bird mortality was 5.15 ind./km during the breeding season and 2.45 ind./km during fall migration (Karyakin *et al.*, 2009). Besides, in the same study power lines of the Altai Republic were also surveyed. Based on the result of the study, recommendations for retrofitting unsafe power lines with bird-protection devices were sent to the power line owners – grid and cellular companies (Nikolenko, Karyakin, 2012).

In the present study, we surveyed new stretches of unsafe power lines constructed in the region for 10 years and re-surveyed those that were to be retrofitted with bird-protection devices (BPDs) under the agreement concluded with power grid companies after the initial check in 2009. Fieldwork encompassed 14 districts of Altai Kray with all its main habitats – woodlands, steppe, agricultural fields, and mountain foothills. We assess the current rate of bird mortality caused by electrocution; the damage done to the ecosystem due to maintaining unsafe aerial power lines; the effectiveness of measures implemented by power line owners under the agreement of 2009. At the end of the article, our suggestions to minimize the damage are listed.

Methods

Fieldworks were conducted from 15 to 30 of September 2021. Survey routes run through open habitats along pine forests and mountain foothills. Lines that stretch inside woodlands were not among the targets of this study since they possess less danger to birds compared to lines in open habitats. We checked medium voltage (6–10 kV) power lines (PL) with bare wire and pin insulators on concrete poles (fig. 1). Lines on wooden poles and lines with insulated wire were not checked. In a few cases ($n=3$), renovated concrete poles were detected by accident in wooden lines and checked. Most of these lines were identified during fieldwork in 2015–2020 during a routine raptor survey.

Таким образом, были обследованы и боровые, и предгорные, и полевые биотопы. Проведена оценка исполнения принятых планов оснащения ЛЭП птицезащитными устройствами (ПЗУ), дана оценка того, насколько сильно изменилась ситуация с гибелью птиц на ЛЭП за десять лет, посчитан ущерб от незаконной эксплуатации ЛЭП, не оснащённых ПЗУ, а также даны предложения по минимизации ущерба.

Методика

Полевые работы велись на территории Павловского, Ребрихинского, Мамонтовского, Романовского, Волчихинского, Новичихинского, Поспелихинского, Курьинского, Краснощёковского, Усть-Калманского, Чарышского, Петропавловского, Усть-Пристанского, Топчихинского районов Алтайского края 15–30 сентября 2021 г. Маршруты были проложены по открытым местообитаниям, идущим вдоль боровых лент или предгорий. Линии, проходящие по просекам внутри боров и в облесённых местообитаниях, слабо были охвачены наблюдениями, поскольку они представляют меньшую опасность ввиду наличия в бору множества альтернативных мест для посадки птиц. Обследовались участки ПО ЛЭП средней мощности (6–10 кВ), преимущественно на бетонных опорах со штыревыми изоляторами (рис. 1). Участки на деревянных опорах, представляющие существенно меньшую опасность для птиц, а также линии на СИП-3 не осматривались. В единичных случаях были осмотрены анкерные бетонные опоры в деревянных ЛЭП и деревянные анкерные опоры с линейными разъединителями. Такие опоры учтены поштучно. Большинство осмотрен-

We used the same survey method as in 2020 in Khakassia, Russia detailed in Shnyder *et al.*, 2020. The survey was conducted from the slowly moving 4×4 off-road vehicle. Poles surrounded by high grass or bushes were thoroughly checked on foot. Lines running through swamps and woodlands were also checked on foot. The whole survey route and locations of each dead bird found were recorded via mobile application LocusPRO¹⁹. Every dead bird and a pole that caused death were photographed, and the full set of photos is attached as supplementary files (PDF)²¹. Collected data was input in the web-GIS database "Protected areas and anthropogenic threats"²⁰. Catalog of power lines also is attached as supplementary (.xlsx)²². All raptor remains were sampled for the feather collection, which could be used for DNA or contamination studies (sharing, collab, details on request). Species ID to species or genus was done on a spot. The term of death of each carcass was evaluated by visual marks (method detailed in Shnyder *et al.*, 2020).

In total, we surveyed 48 stretches of different power lines with a total length of 126 km, plus three single unsafe concrete poles in bird-safe wooden lines (table 1, fig. 2). A part of them (28 km) was equipped with bird-protection devices.

To calculate the amount of damage to the ecosystem, we used methods and formulas prescribed by enactments of the Russian Federation concerning species enlisted in the Red List, game species, and non-game species (The Methodology..., 2008; The Methodology..., 2011). The inflation rate (IR) was calculated by December of 2021 and makes $IR = 2.63$ (Inflation in Russia, 2020). For the game species, the multiplier coefficient (K) was set as $K = 3$

Рис. 1. Примеры осмотренных опор: А и В – промежуточные бетонные опоры со штыревыми изоляторами, С – угловая бетонная опора со штыревыми изоляторами. Фото Е. Шнайдер.

Fig. 1. Examples of surveyed poles. A and B – intermediate concrete poles with pin insulators and bare wire; C – Push brace concrete pole with pin insulators and bare wire. Photos by E. Shnyder.

ных ЛЭП было выявлено с 2015 по 2021 годы в ходе полевых работ, целью которых являлся мониторинг мест гнездования редких видов хищных птиц.

В данной работе применялась методика, описанная в статье 2020 г. по результатам исследований в Хакасии (Шнайдер и др., 2020). Осмотр ЛЭП осуществлялся из окон движущейся вдоль ЛЭП на низкой скорости машины, участки с высоким растительным покровом тщательно осматривались во время остановки автомобиля – с раздвиганием травы около опор и проверкой растущих под опорами кустов. Заболоченные и лесные участки проверялись на пешеходных маршрутах. Весь маршрут фиксировался в GIS-приложении LocusPRO¹⁹ для мобильного телефона, отмечались места обнаружения птичьих останков, начало и конец птицепасных участков. Производилась фотофиксация останков птиц. Данные внесены в раздел «ООПТ и антропогенные угрозы»²⁰ веб-ГИС «Фаунистика». Полный фотореестр птиц, погибших на ЛЭП, в формате PDF²¹, а также реестр ЛЭП в формате MS EXCEL²² прилагаются к статье в виде дополнительных файлов. Со всех перьевых останков хищных птиц были скопированы образцы перьев. Видовая принадлежность всех останков была определена до вида или рода. Оценивался срок давности гибели птицы.

Всего было осмотрено 48 участков птицепасных ЛЭП общей протяжённостью 126 км и ещё три отдельно стоящие птицепасные опоры в условно-безопасных линиях (табл. 1, рис. 2). Среди проверенных ЛЭП абсолютно преобладали линии на бетонных опорах с неизолированными проводами. Часть из этих линий были оснащены ПЗУ – всего 28 км.

Для исчисления размера вреда видам, внесённым в КК, а также иным видам, не относящимся к охотничьим ресурсам, были взяты нормативы стоимости из Приложения 2 к Методике исчисления размера вреда, причинённого объектам животного мира, занесённым в Красную книгу РФ (Методика..., 2008), а также формула расчёта, указанная в Методике. Коэффициент инфляции был рассчитан на ноябрь 2021 года в размере КИ=2,63 (уровни инфляции с 2008 по 2021 годы взяты из данных, опубликованных на сайте «Инфляция в России» (2021).

under paragraph 1.5 (extermination of the game caused by economic activity).

During the survey, we recorded observations of live raptors in the close vicinity of power lines under study.

Results and discussion

On the surveyed power lines, we found 515 dead birds of 23 species in total. Among them, 108 dead birds (21%) are raptors of 11 species, and 10 dead birds (1.94%) of 6 species are enlisted in the Red List of Russia, namely Eagle Owl – 2 ind., Peregrine – 2 ind., Long-Legged Buzzard (*Buteo rufinus*) – 2 ind., Steppe Eagle – 1 ind., Greater Spotted Eagle – 1 ind., Pallid Harrier (*Circus macrourus*) – 1 ind., and one eagle whose old remains were not possible to ID up to species (*Aquila SP/Clanga clanga*) (fig. 3, table 1).

The average density of dead birds per 1 km of surveyed length of power lines is 4.1 ind./km, and for raptors – 0.86 ind./km. But if we exclude from the total length de-energized lines and lines fully equipped with BPDs, i.e. safe power lines, then the real density of bird mortality on the rest 91.8 km of unsafe power lines (UPL) would be 5.6 ind./km in total and 1.18 ind./km for raptors only.

The amount of damage to the ecosystem calculated by the actual number of dead birds found makes 6,125,435 Rub (equal to \$ 83,350 or € 73,600) (table 2). The main input was done by 10 specimens enlisted in the Red List of Russia. Figure 4 depicts the proportion of endangered species, non-endangered raptor species, and other species in the dead birds found, and the input of each group into the calculated damage to the ecosystem.

Since most cases of bird mortality occur on 91.8 km of unsafe power lines, we can calculate the average damage caused by one electric pole considering that the number of poles in 1 km of a line is 17 (Shnayder *et al.*, 2020). Thus, the damage per one pole is 3,925 Rub.

In the previous papers (Karyakin *et al.*, 2009; Shnayder *et al.*, 2020), we divided power lines by surrounding biotopes to reveal that the most dangerous ones are those stretching through open undisturbed habitats, and the less dangerous ones are power lines running along highways and country lanes. In the present work we got the same result comparing bird mortality on (1) roadside power lines, (2) power lines surrounded by undisturbed open habitats – “steppe” type, and (3) power lines

¹⁹ <http://www.locusmap.app>

²⁰ <http://oopt.wildlifemonitoring.ru>

²¹ http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2021/12/Photorep_LEP-2021.pdf

²² <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2021/12/LEP-2021.xlsx>

Табл. 1. Общие данные о проверенных участках ЛЭП в Алтайском крае в 2021 г.

Table 1. Summary of data obtained during the examination of power lines in Altai Kray, Russia, in 2021.

Индекс Index	Длина, км Length, km	Погибшие птицы, ос. Electrocuted birds (EB), ind.	Погибшие хищные птицы, ос. / Electrocuted raptors (ER), ind.	Плотность гибели птиц, ос./1 км Density of EB, ind./1 km	Плотность гибели хищных птиц, ос./1 км / Density of ER, ind./1 km	Число видов птиц No of bird species	Число видов хищных птиц No of raptor species	Тип Type
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Λ1	4	17	1	4.3	0.25	5	1	R
Λ2a	0.5	1	0	2	0	1	0	R
Λ2b	1.5	0	0	0	0	0	0	W
Λ3	0.8	6	0	7.5	0	3	0	R
Λ4	0.8	3	0	3.8	0	2	0	R
Λ5	1.3	11	5	8.5	3.85	5	2	R
Λ6	4.5	29	10	6.4	2.22	9	4	F
Λ7	1.7	5	1	2.9	0.59	4	1	R
Λ8	2.3	30	7	13	3.04	6	2	S
Λ9***	1.7	2	0	1.2	0	2	1	R***
Λ10	3.2	33	3	10	0.94	7	1	S
Λ11	2	17	3	8.5	1.5	7	2	R
Λ12	1.4	16	2	11	1.43	6	2	R
Λ13	8.6	86	38	10	4.42	13	7	S
Λ15	1.6	11	1	6.9	0.63	5	1	R
Λ16*	1.5	0	0	0	0	0	0	S*
Λ17	1.1	22	2	20	1.82	7	2	S
Λ18	0.27	4	0	15	0	2	0	S
Λ19**	0.56	3	0	5.4	0	1	0	R
Λ20	7.2	55	7	7.6	0.97	7	3	S
Λ21	0.37	3	0	8.1	0	2	0	S
Λ22*	5.4	0	0	0	0	0	0	R*
Λ23a	1.62	4	3	2.5	1.85	2	1	S
Λ23b	1.2	2	1	1.7	0.83	2	1	R
Λ23c	1.3	21	2	16	1.54	6	2	T
Λ27	1.2	4	1	3.3	0.83	3	1	R
Λ28	0.4	1	1	2.5	2.5	1	1	F
Λ29	0.3	5	1	17	3.33	4	1	R
Λ30	0.09	2	0	22	0	1	0	R
Λ31**	7.52	21	3	2.8	0.4	6	2	R
Λ32	0.3	3	1	10	3.33	2	1	R
Λ33	0.3	3	2	10	6.67	3	2	R
Λ34	0.3	0	0	0	0	0	0	R
Λ35	7.22	16	4	2.2	0.55	10	4	F
Λ36	0.26	0	0	0	0	0	0	R
Λ37	1.1	4	2	3.6	1.82	3	2	F
Λ38	1.2	3	1	2.5	0.83	2	1	F
Λ39a**	12.1	22	2	1.8	0.17	6	2	F
Λ39b	3.4	11	2	3.2	0.59	6	2	R
Λ39/1-3	0.71	2	0	2.8	0	2	0	R
Λ40***	9.5	0	0	0	0	0	0	F***
Λ42	0.23	2	0	8.7	0	1	0	R
Λ43	0.68	0	0	0	0	0	0	R
Λ44a*	16	7	0	0.4	0	2	0	R*
Λ44b	0.92	7	0	7.6	0	3	0	R
Λ47	2	12	0	6	0	4	0	F
Λ48	1.7	3	1	1.8	0.59	3	1	S

Табл. 1. Общие данные о проверенных участках ЛЭП в Алтайском крае в 2021 г. (окончание).

Table 1. Summary of data obtained during the examination of power lines in Altai Kray, Russia, in 2021 (Ending).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Л49	2	0	0	0	0	0	0	R
опора А	0	3	0					
опора Б	0	1	0					
опора С	0	2	1					
Всего / Total	126	515	108	4.1	0.86			

Примечания / Notes:

* ПЗУ установлены по всей длине / line equipped with bird-protection devices along the entire length;

** ПЗУ установлены фрагментарно / line fragmentarily equipped with bird-protection devices on some of its stretches;

*** линия отключена / line de-energized;

Тип ЛЭП: S – степная, F – полевая, R – придорожная, T – близ свалки, W – лесная / PL type: S – line in the steppe biotope, F – line in the agricultural biotope, R – roadside line, T – line stretching along a landfill site, W – line stretching through the woodland;

EB – electrocuted birds, ER – electrocuted raptors.

Рис. 2. Схематическое расположение проверенных участков ЛЭП на карте.

Fig. 2. Location of examined power lines on a map of Altai Kray.

Ущерб от гибели орлов, чью точную видовую принадлежность установить не удалось, был рассчитан по самому низкому из нормативов для выявленных под ЛЭП видов орлов.

Для исчисления размера вреда, нанесённого видам, отнесённым к охотничьим, были взяты размеры таксы из Приложения 1 к Методике исчисления вреда, причинённого охотничьим ресурсам (Методика..., 2011), а значение пересчётного коэффициента «К» – из приложения 2 к той же Методике с теми же изменениями. Коэффициент «К» был установлен в размере К=3 по параграфу 1,5 «Действия (бездействия), по причине которых произошло уничтожение (гибель) охотничьих ресурсов умышленно

surrounded by agricultural fields and pastures – “field” type. In the current study there was also one line stretching through the woodland (Л2а) and one running along a landfill (Л23с), but we do not include them in this analysis. As well as de-energized lines (Л9 and Л40) and lines fully equipped with BPDs (Л16, Л22, Л44а). The summary is present in table 3. Steppe lines are responsible for death of half of all birds found (50.1%) and of more than the half of all raptors (58.1%), while the total length of steppe lines was the smallest (fig. 5). Steppe lines also caused death of 5 out of 10 endangered raptors – both a Long-Legged Buzzards, one a Peregrine, Pallid Harrier, and an eagle. Three other endangered raptors – Steppe Eagle, Greater Spotted Eagle, and another Peregrine died on the power lines

или по халатности при осуществлении хозяйственной деятельности...».

Методика оценки давности гибели птиц подробно приведена в статье 2020 г. (Шнайдер и др., 2020).

Во время проведения осмотра ЛЭП отмечались встречи живых хищных птиц вблизи линий, а также скоплений иных видов птиц, использующих ЛЭП в качестве присады.

Результаты и их обсуждение

Суммарно на осмотренных линиях было обнаружено 515 трупов птиц 23 видов. Из них 108 трупов (21%) принадлежали хищным птицам 11 видов, 10 трупов (1,94%) – шести видам птиц, занесённым в Красную Книгу РФ (филин – 2 ос., сапсан – 2 ос., курганник *Buteo rufinus* – 2 ос., степной орёл – 1 ос., большой подорлик – 1 ос., степной лунь *Circus macrourus* – 1 ос. и орёл, чьи останки не удалось определить до вида *Aquila sp./C. clanga* (рис. 3, табл. 1).

Средняя плотность погибших птиц на единицу длины в общем виде составила 4,1 ос./км линии, а средняя плотность погибших хищных птиц – 0,86 ос./км. Но если исключить линии, полностью оснащённые ПЗУ, и линии, обесточенные на момент осмотра, то есть достоверно безопасные для пернатых, то на оставшихся 91,8 км незащищённых ПО ЛЭП общая плотность гибели составит 5,6 ос./км, а плотность гибели хищных птиц – 1,18 ос./км.

Общий ущерб, нанесённый пернатому населению, по результатам оценки, основанной на фактическом числе найденных погибших птиц, составил 6 125 435 руб. (табл. 2). Основной вклад в него внесли 10 особей видов, занесённых в КК РФ. На рис. 4

of the “field” type. And all three owls – 2 endangered Eagle Owls and 1 Great Grey Owl (*Strix nebulosa*) died on roadside lines.

By the density of dead raptors “steppe” type outnumbers the other two by 3.3 times (table 3). Thus, we again conclude that power lines stretching through open undisturbed habitats are the most dangerous for raptors and must be retrofitted in the first place.

In the present study, we observed a very high rate of scavenging on dead birds. In 63% of cases ($n=325$) carcasses were completely consumed by scavengers and only feathers remain at the site of death under an electric pole. In 8% of cases ($n=41$) carcasses were partially consumed and we found fragments of bodies on the sites of death. The whole carcasses on different stages of decomposition were found in 29% of cases ($n=149$) (fig. 6). Foxy (*Vulpes vulpes*) burrows and feces encountered near electric poles indicate that unsafe power lines are regularly visited by this mammal. Another effective consumer of dead birds in the region is a Black Kite (*Milvus migrans*), but in the second half of September, this species is already absent in Altai Kray since it is an early migrant departing in the first days of autumn. During the survey, we observed only one alive Black Kite near UPL A13, and one freshly deceased juvenile kite was found on UPL A31.

All bird remains that were not completely consumed by scavengers ($n=190$), i.e. at least a few bones and feathers remain on the site of death, undergone an estimation of time since death (TSD). TSD within 2 weeks was set very accurately based on the presence and the development of maggots and carrion-eating beetles. TSD within 2–10 weeks was estimated with an accuracy of two weeks. TSD of more than 12 weeks was estimated roughly with an

Рис. 3. А – Молодая самка сапсана (*Falco peregrinus*), погибшая на ПО ЛЭП A13. В – Степной орёл (*Aquila nipalensis*), сеголеток, погибший на ПО ЛЭП A37. Фото Е. Шнайдер.

Fig. 3. A – Subadult female Peregrine (*Falco peregrinus*) died from electrocution on UPL A13. B – Juvenile Steppe Eagle (*Aquila nipalensis*), that died from electrocution on UPL A37. Photos by E. Shnyder.

Табл. 2. Расчёт суммарного ущерба животному миру, исходя из числа найденных трупов птиц, погибших от поражения электротоком.

Table 2. Calculation of damage caused to the ecosystem by power lines based on the number of birds found dead due to electrocution during the survey.

Виды/ Species	ос./ind.	Руб. за особь / Rub per ind.	Итого с учётом КИ (К), руб. Total (applying КИ or К), rub
КК РФ (КИ=2,63) Red List of Russia (КИ=2.63)			
<i>Falco peregrinus</i>	2	600 000	3 156 000
<i>Bubo bubo</i>	2	50 000	263 000
<i>Buteo rufinus</i>	2	10 000	52 600
<i>Circus macrourus</i>	1	10 000	26 300
<i>Aquila nipalensis</i>	1	50 000	131 500
<i>Aquila clanga</i>	1	25 000	65 750
<i>Aquila sp.</i>	1	25 000	65 750
Не КК РФ (КИ=2,63) Not listed in the Red List of Russia (КИ=2.63)			
Falconiformes	30	5 000	394 500
Accipitriformes	67	5 000	881 050
Strigiformes	1	5000	13 150
Piciformes	1	3 500	9 205
Passeriformes	401	1 000	1 054 630
Охотничьи (К=3) Game species (К=3)			
<i>Lyrurus tetrix</i>	1	2 000	6 000
<i>Columba livia</i>	3	600	5 400
<i>Streptopelia orientalis</i>	1	200	600
Итого / Total	513		6 125 435

Примечания / Notes:

КИ – коэффициент инфляции, К – пересчётный коэффициент для охотничьих видов / КИ – inflation rate, К – coefficient for game species.

представлены пропорции вклада разных групп погибших птиц в общее число найденных останков и в суммарный ущерб в рублёвом эквиваленте. Основная гибель птиц происходила на 91,8 км незащищён-

accuracy of a few months. A summary is present in fig. 7.

The distribution of TSD along the time scale is fairly even. We found 20 and 25 birds with TSD (0–1) week and TSD (1–2) weeks re-

Рис. 4. Вклад особей из разных охранных категорий в сумму общего ущерба (слева) и в общее число найденных погибших птиц (справа).

Fig. 4. Contribution of individual birds with different protection rank into the amount of calculated damage (left) and in the total number of dead birds found (right).

ных ПО ЛЭП. Можно оценить, что ущерб, приходящийся на одну опору, при среднем количестве 17 опор в 1 км ЛЭП (Шнайдер и др., 2020), составляет 3 925 руб.

В предыдущих работах (Карякин и др., 2009, Шнайдер и др., 2020) мы разделяли ПО ЛЭП по типам и показывали, что наибольшую опасность для хищных птиц представляют линии, идущие по открытым ненарушенным местообитаниям, а наименьшую – межпоселковые линии, тянущиеся вдоль автомобильных дорог. В этой работе мы получили аналогичные результаты, поделив линии на (1) «придорожные» – линии, идущие вдоль дорог или через населённые пункты, (2) «степные» – линии, идущие по ненарушенным местообитаниям, и (3) «полевые» – линии, идущие через сельскохозяйственные поля, сенокосы и огороженные пастбища. Также в данном исследовании был один участок, идущий вдоль свалки (Л23с) и один, тянущийся через бор (Л2а).

Анализируя по отдельности три основных подтипа ПО ЛЭП – «степные», «полевые» и «придорожные линии» (табл. 3), и не рассматривая одиночные опоры и две линии, идущие через бор и свалку, а также безопасные для птиц обесточенные линии (Л9 и Л40) и линии, полностью оснащённые ПЗУ (Л16, Л22 и Л44а), получается следующая картина: на «степные» ПО линии приходит-

spectively. In the next 3 weeks, the amount of non-consumed bird remains accumulated at the same rate – 63 birds with TSD from 2 weeks to 4 ± 1 weeks (fig. 8, blue graph). The next group of dead birds has TSD 8 ± 2 weeks ($n=46$), and the last one TSD 12 ± 2 weeks ($n=27$). And here the accumulation rate is slowing down compared with the previous 5 weeks. It could be due to the more intensive consumption of carcasses by Black Kites in summer before the onset of their autumn migration. A group of very old remains is formed by 9 individuals who died on power lines before the beginning of the breeding season of 2021, and they are not reflected in fig. 8.

Limiting the sample set to raptors only and considering it in the same manner (fig. 8, orange graph) is revealing an obvious decrease in accumulation rate in September (TSD 0–2 weeks). We found only 6 recently deceased raptors out of 61 – two Common Buzzards, *sad* ♀ Peregrine, *juv* Black Kite, *ad* ♂ Goshawk (*Accipiter gentilis*), and *juv* Steppe Eagle. In all other TSD-groups, Black Kite is the dominant species with the majority of individuals (fig. 9). *Buteo*'s mortality is peaking in July, *Accipiter*'s in August. All owls died in June (TSD = 12 ± 2) that coincide with the terms of the post-fledging period. Greater Spotted Eagle died at the beginning of August (the dead bird with TSD = 6 ± 2 weeks was found on the 27th of

Табл. 3. Вклад ЛЭП различного типа расположения в гибель птиц.

Table 3. Contribution of power lines located in different habitats into bird mortality.

Тип Type	Длина, км/ Length, km	Погибшие птицы, ос. Electrocuted birds (EB), ind.	Погибшие хищные птицы, ос. Electrocuted rap- tors (ER), ind.	Плотность гибели птиц, ос./1 км Density of EB, ind./ 1 km	Плотность гибели хищных птиц, ос. /1 км Density of ER, ind./ 1 km
Степные ($n=9$) Line in the steppe biotope	26.4	240	61	9.1	2.31
Полевые ($n=7$) Line in the agricultural biotope	28.5	87	20	3.1	0.7
Придорожные ($n=25$) Roadside power lines	34.1	152	24	4.5	0.7
Лесная (Л2в) Line stretching in the woodland	1.5	0	0	0	0
У свалки (Л23с) Line stretching along a landfill site	1.3	21	2	16	1.54
Отключённые (Л9, Л40) De-energized lines	11.2	2	0	0.2	0
Полностью с ПЗУ (Л16, Л22, Л44а) Lines fully equipped with BPD	22.9	7	0	0.3	0
Vсero / Total	126	509	107		

Примечания / Notes:

ПЗУ – птицевежные устройства / EB – electrocuted birds, ER – electrocuted raptors, BPD – bird protection devices.

Рис. 5. Различия в уровне гибели птиц на полевых, степных и придорожных ПО ЛЭП.

Fig. 5. Differences in the number of dead birds on "steppe", "field", and "roadside" types of unsafe power lines.

ся половина всех погибших птиц (50,1%) и более половины погибших пернатых хищников (58,1%), притом что суммарная длина «полевых» ПО линий оказалась наименьшей из трёх подтипов (рис. 5). Также именно на степных линиях погибли 5 из 10 краснокнижных особей – оба курганника, сапсан, степной лунь и орёл, не определённый до вида. Ещё три краснокнижных хищника – степной орёл, подорлик и сапсан погибли на «полевых» линиях. А все три ночных хищника – два филина и бородастая неясыть (*Strix nebulosa*) погибли на придорожных линиях в биотопах с оврагами.

По плотности гибели пернатых хищников «степные» линии превосходят «полевые» и «придорожные» в 3,3 раза (табл. 3). Таким образом, мы опять делаем вывод, что ЛЭП, идущие через открытые ненарушенные биотопы, представляют максимальную опасность для хищных птиц и должны переснащаться в первую очередь.

В нашем исследовании был отмечен очень высокий уровень утилизации погибших птиц наземными хищниками. При этом, под опорами остаются перьевые останки в виде компактной группы перьев, а тушки погибших птиц уносятся прочь, либо под опорами остаются разорванные на фрагменты каркасы (рис. 6). Процент перьевых останков среди всех зафиксированных случаев гибели птиц на ЛЭП составил 63% ($n=325$) а фрагментированных останков – 8% ($n=41$). Целые трупы, не подвергшиеся разбору со стороны хищников, наблюдались лишь в 29% случаев ($n=149$). Вблизи многих линий выявлены норы лис (*Vulpes vulpes*), лисий помёт под опорами, что свидетельствует о том, что ПО ЛЭП постоянно патрулируются этими

September), which is also coincided with the beginning of the post-fledging period. Steppe Eagle and Peregrines died in September – on autumn migration (fig. 9).

However, it must be remembered that in the present study we estimated TSD only for carcasses that were not completely consumed by scavengers (37% from the total), while most of the bird carcasses (63%) were completely removed from the place of death with only feathers remain as evidence of the case. It is also possible to estimate TSD by feather remains, but it will take much longer processing of collected material and is significantly less accurate, so we avoided it as an excessive measure.

However, the survey was accomplished with the utmost care – we recorded even fragments of skull, sole bones, and separate feathers sufficient to conclude that the bird who lost them died, not just molted. That means that a single feather we do not count as evidence of a mortal case, but a cluster of few primaries or rectrices, or a flap of skin with feathers we do. We believe this approach allows us to uncover most of the fatalities that occurred on the surveyed power lines starting from June. But earlier cases probably went unnoticed, because in the term of 3–4 warm months feather remains could completely decay through the action of bacteria and fungi, as well as rodents and invertebrates. The same is true for the birds that died in winter – their remains will not last over the summer. It also seems that we have a gap in the number of small and medium-sized passerine birds that died from electrocution since their small corpses can be consumed without any leftovers, and in fact, they are poorly represented among our samples (see below in the Species Composition chapter).

Рис. 6. А – Группа перьев, оставшаяся на месте гибели пустельги, после того как её тушку унёс хищник. В – Фрагментированные останки канюка после его утилизации падальщиком на месте гибели. С – Погибший коршун (*Milvus migrans*), не подвергшийся утилизации падальщиками. Фото Е. Шнайдер.

Fig. 6. A – Feathers remain on the site of death of a Common Kestrel after its body was taken away by a scavenger. B – Fragments of Common Buzzard's carcass left on the site of its death after its body was consumed by a scavenger. C – Carcass of a Black Kite (*Milvus migrans*) not being torn apart or taken away after death. Photos by E. Shnyder.

четвероногими хищниками. Другой важный утилизатор падали, чёрный коршун (*Milvus migrans*), отлетает в основной массе с мест гнездования в начале сентября. Во время данной проверки был встречен лишь один живой коршун близ ПО линии Л13 и один погибший в течение суток на ПО линии Л31.

Для всех останков, не подвергшихся утилизации, либо подвергшихся, но от которых остались костные фрагменты ($n=190$), был оценен срок гибели. Сроки гибели в пределах 2 недель были установлены очень точно, по наличию и характеру роста личинок мясных мух и жуков-трупоедов. Останки со сроком гибели от 2 до 10 недель были датированы с точностью до двух недель. Возраст останков свыше 12 недель датирован приблизительно, с точностью до нескольких месяцев. Сводка по этому признаку представлена на рис. 7.

Рис. 7. Распределение останков птиц по возрасту.

Fig. 7. Distribution of dead birds that were not completely consumed by scavengers by the time since death.

Speaking about birds that died on power lines in spring (April – May) and in October during migration, we propose a way to estimate their number based on the previous research. The study of 2009 showed that the rate of bird mortality in Altai Kray observed during the breeding season (5.15 ind./km, middle of May – end of July) was two times higher than in September (2.45 ind./km). However, the authors noted that in September 2009 “in 89.4% of cases we found birds that died recently – within 5 days before we discover them”, so they got a real “September rate”. In our study of 2021, the survey conducted in September covered the period of 3–4 months according to our findings, and the rate of mortality (5.6 ind./km) is close to the one observed in the summer of 2009. Let x be the number of birds that died in September of 2021, then in June, July, and August the number of birds that died would be equal to $2x$ per month. In total, from June

Распределение датированных останков по временной шкале достаточно равномерно. Было найдено 20 и 25 погибших птиц со сроком гибели до 1 недели и от 1 до 2 недель соответственно. В последующие 3 недели количество неутилизованных останков накапливается в таком же темпе – 63 погибших птицы, чья гибель была датирована сроком от 2 недель (точная датировка по личинкам) до 4 ± 1 недели (примерная датировка с точностью до 2 недель) (рис. 8, синий график). Следующая группа останков датирована сроком 8 ± 2 недели ($n=46$), и последняя – 12 ± 2 недели ($n=27$). Тут уже наблюдается уменьшение скорости накопления неутилизованных останков по сравнению с предыдущими пятью неделями. Это может быть связано с более интенсивной утилизацией погибших птиц коршунами до начала их осеннего отлёта. Группу совсем старых останков образуют 9 особей, погибших на ЛЭП до начала гнездового сезона 2021 года, они не приведены на графике.

Аналогичное рассмотрение темпов накопления останков только хищных птиц под ЛЭП (рис. 8, оранжевый график) выявляет очевидное замедление их гибели на ЛЭП с начала сентября (останки, датированные сроком до 2 недель). Недавно погибшими были найдены лишь 6 хищников из 61: два канюка, сапсан *sad* ♀, коршун *juv*, тетеревятник (*Accipiter gentilis*) *ad* ♂ и степной орёл *juv*. Во всех остальных возрастных группах среди хищников абсолютно доминируют погибшие коршуны (рис. 9). Пик гибели канюков приходится на июль. Тетеревятников – на август. Все погибшие филины и бородачатая неясыть были датированы сроком 12 ± 2 недели, т.е. погибли в июне, что совпадает со сроком вылета молодых птиц. Гибель подорлика была датирована началом августа (обнару-

Рис. 8. Темп накопления неутилизованных останков под ПО ЛЭП.

Fig. 8. The accumulation rate of non-consumed bird carcasses along UPLs.

to September it makes 7x that is equal to 515 dead birds minus 9 very old bone remains. So, $x=72$ dead birds roughly. And in our model, it is the number of birds that died on the surveyed stretches of power lines during one month of migration. And during the breeding season, the monthly mortality of birds would be equal to 144 individuals. Applying this model to the whole period from April to October (3 months of migration and 4 breeding months), we will get 792 individuals per season.

Unfortunately, there is not enough data to build a model for winter mortality of birds on the same power lines. But for sure this mortality exists.

Extrapolation of our results to the whole territory of Altai Kray also faces obstacles due to the absence of publicly available data on the total length of unsafe power lines. In the open sources, we could find only (1) sum of the length of 0.4–10 kV lines and (2) length of 35 kV lines in the region in 2018, that makes 54,053.8 km and 4,743 km respectively (Decree of the Governor of Altai Kray...). But it is impossible to isolate from this number the actual length of bird-dangerous lines, i.e. lines of 6–35 kV on concrete poles, with bare wire, metal cross-arms, and pin insulators. But anyway, the estimate done by my colleagues 12 years ago – 2,880 km of unsafe power lines in the region today looks miserable. If at least 10% of the length of 0.6–10 kV and 35 kV (= 5,880 km) would expose danger to birds, it will make incredible damage to the ecosystem. Namely, 5,880 km of UPLs is 64 times higher than the total length of UPLs we checked during the current work (91.8 km). And the potential damage could also be estimated as 64 times higher than the one observed in the present work, which makes it roughly 50,700 individuals or 603 million Rubles, excluding birds died in winter.

Fulfillment of obligations to retrofit dangerous power lines by power line owners

During the survey, we found several lines fully or partially equipped with bird-protection devices (BPDs), 7 lines in total (table 4). The total length of stretches with BPDs makes 27.94 km. Three lines were fully and qualitatively retrofitted – Л16 supplying a mobile tower (1.5 km, fully surveyed), Л22 intervillage line (total length – 12.4 km, 5.4 were surveyed), and Л44a intervillage line (16 km, fully

Рис. 9. Представленность разных видов хищных птиц среди останков, датированных по срокам гибели на ПО ЛЭП.

Fig. 9. Species representation among raptor remains of different TSD-groups.

жен 27 сентября, срок гибели около 6 недель) – также в срок выхода молодых птиц из гнезда. Степной орёл и сапсаны погибли уже в сентябре, то есть во время миграции (рис. 9).

Необходимо напомнить, что датированы в этой работе были лишь неutilizированные останки и останки, которые утилизируются прямо на месте гибели – всего 37% от всех найденных. А 63% выявленных останков птиц были утилизированы падальщиками в стороне от места гибели, и факт их гибели был установлен только по наличию пуха и перьев на месте гибели. Их датировка также возможна, но требует намного более длительной камеральной обработки собранного материала и существенно менее точна.

При этом обследование территории под ЛЭП велось очень тщательно – фиксировались даже случаи обнаружения фрагментов черепов или кластеров перьев, достоверно указывающих на гибель особи, а не на линьку. Единичные перья не рассматривались как свидетельство гибели птицы, но кластер из нескольких последовательных маховых или рулевых, либо лоскут кожи с покровными перьями – рассматривались. Мы считаем, что при таком подходе нам удалось зафиксировать большинство случаев гибели птиц на ЛЭП, за исключением, вероятно, представителей мелких воробьиных (*Passeriformes*), которые могут быть проглочены падальщиками целиком (и действительно, мелкие воробьиные птицы практически не представлены в исследовании – см. далее). Наличие очень большого числа пухо-перьевых останков птиц среднего и крупного размерного класса под опорами говорит о том, что падальщики преимущественно ощипывают такую добычу на месте и уносят прочь уже компактную тушку, без маховых и руле-

surveyed). Defective BPDs revealed during the survey are marked in the online database²⁰.

Besides exemplary lines with BPDs there were lines that possess BPDs only at the stretches close to the settlements and roads, while stretches hidden from view from the road were intact and continued killing birds²³. The examples are A31 intervillage line^{24, 25, 26, 27} with a total length of 7.52 km that got three stretches with BPDs near villages and roads of a total length of 2.72 km; A39a intervillage line^{28, 29, 30} only 0.75 km of a total 12.1 km length was equipped with BPDs from the village sides. This line was the cause of the death of an endangered Steppe Eagle! Furthermore, this line is stretching through the area reserved for the currently projected wildlife sanctuary “Northern face of Altai” (Karyakin *et al.*, 2017) that is enlisted in the scheme of prospective protected areas of Altai Kray (Resolution..., 2013), and was urgently recommended for retrofitting with BPDs in 2009.

We also found BPDs on A40, but this line is de-energized. And a few BPDs on A19, which supplied mobile tower in the past, but today it seems that the tower is connected to another UPL (A19/2) without BPDs (in the table 1 A19 and A19/2 are described together, but in the database they are named differently)³¹.

Many lines surveyed in 2021 were also checked in 2009. As a result, in 2009 an agreement between “Siberian Environmental Center” NGO and power grid companies was concluded about joint activity on the environment protection in the zone of UPLs of Altai Kray, and a project for retrofitting of UPLs was prepared by the NGO. Repeated survey of 66.8 km of power lines (namely A9, A11, A12, A13, A15, A31, A35, A37, A38, A39 a and b, A44 a and b, A47) in 2021 revealed that only 19.5 km were actually retrofitted, and only one power line A44a undergoing regular maintaining and broken BPDs are replaced with new ones. But even that is not always (fig. 10).

Few lines built between 2010 and 2021 were carefully equipped with BPDs – A16, A19, and A22, or with self-supporting isolated wire – several short lines not mentioned in the text. But more commonly lines were built with violation of environmental protection legislation of Russia – A8, A20, A34, A48. And even more power lines continue to be operated without the slightest concern of their owners about the damage they doing to the ecosystem. It is notable that in the scheme and the program of development of the electric power industry in Altai Kray in 2019–2023 there is not a word about solving this problem, as if it does not exist (Decree of the Governor of Altai Kray..., 2018).

вых перьев. И в большинстве случаев хоть какие-то следы утилизации трупов остаются близ опоры и выявляются при тщательном обследовании. Равномерное накопление останков птиц под ЛЭП также указывает на достаточно полный учёт объёма погибших птиц и его дальнейшее уточнение (вычисление коэффициента утилизации, Карякин и др., 2009; Шнайдер и др., 2020) не представляется возможным.

При проведении осмотра ЛЭП в сентябре, из учётов практически полностью выпадают месяцы весенней миграции – апрель и май, поскольку за 3–4 тёплых месяца перьевые останки птиц полностью утилизируются грызунами, беспозвоночными животными, грибами и бактериями. По той же причине почти не остаётся свидетельств гибели птиц, убитых электротоком в зимний период. Также неучтённой осталась гибель птиц в октябре, во время основного пролёта степных орлов.

По данным, полученным в 2009 г. на территории Алтайского края, уровень гибели птиц при проверке в гнездовой сезон (с середины мая по конец июля) составлял 5,15 ос./км, а в сентябре – 2,45 ос./км, то есть в два раза меньше. В 2021 г. уровень гибели птиц на незащищённых линиях, выявленный в сентябре (5,6 ос./км), был эквивалентен наблюдаемому в 2009 г. в гнездовой период. Но, как указано в работе 2009 г., во время сентябрьской проверки «в 89,4% случаев это были трупы птиц, погибших на ЛЭП в течение 5 дней до момента их обнаружения», а в нашем обследовании осмотр достаточно полно охватывает период гибели птиц с июня по конец сентября.

Допустим, что во время гнездового сезона на ЛЭП в Алтайском крае гибнет за единицу времени в два раза больше птиц, чем там же во время миграции, как это выявлено в работе 2009 г. Пусть за сентябрь погибает (x) особей, тогда за июнь, июль и август – по ($2x$) особей каждый месяц, что в сумме даёт ($7x$), которое по результатам проверки составляет 515 особей, за вычетом останков 9 особей, чей возраст от момента гибели более полугода. Итого округлённо $x=72$ особи. Следовательно, в нашей модели, в месяцы миграции на осматриваемых ЛЭП погибает по 72 особи, а в месяцы гнездового периода – по 144 особи. Применяя эти показатели к оставшимся неохваченным месяцам весенней миграции (апрель), началу гнездового сезона (май) и окончанию осенней миграции (октябрь), можно оценить общую гибель птиц на осматриваемых ЛЭП за сезон в 792 особи. Этот

The main power grid companies in Altai Kray today are “Federal grid company of unified energy system” PJSC, “Altaienargo” OJSC, “Grid company Altaienergy” JSC, and “Barnaul grid company” LTD (p.3.1.3. Decree of the Governor of Altai Kray..., 2018). Management companies operating power lines surveyed in the present work are listed in table 5 (information taken from the public cadastral map³²).

Analysis of pole types

Surveyed power lines have two types of electric poles – intermediate and push brace. Push brace poles usually can be found at the ends of a line, at the beginning of a tap line, and at the points where a line changes its direction. The average ratio between push brace and intermediate poles is 1:10, which was calculated during the survey of ten random lines. But push brace poles are the ones that caused the death of 22% of all birds found electrocuted (fig. 11, inner circle), instead of the expected 9.1% as it would be in the case of equal frequency of casualties on push brace and intermediate poles. In other words, a push brace pole kills 2.9 times more birds than an intermediate pole.

The difference would be even more pronounced if we consider only raptors (fig.11, outer circle). Thirty-three percent of all raptors were found dead near push brace poles. The excess is 4.9 times compared with intermediate poles. And it is not rare to find 2 or 3, or even 4 dead raptors near one push brace pole during the fieldwork (fig. 12).

An increased danger exposed by push brace poles is due to (1) linear disconnectors that are more commonly installed on this type of pole, and (2) geometry of wire associated with this type. Linear disconnectors (LD) are the most threatful elements of power lines (fig. 13a). LD has a shape of a wide metal frame that looks very promising for landing but has no insulation at all, and it locates closely to bare wire. Thus, it easily turns into a hot seat for a bird that dares to perch on it. Wires configuration on push brace poles is also likely to increase the chances for a casualty with birds. If a line changes its direction – the wire will make an angle; if there is an outgoing tap line, then another wire or two will complicate the geometry of wires (fig.13 a, b, c). In both cases, the distance between the wires is reduced that increases the risk of touching. The increased threat to birds from push brace poles has already been noted earlier (Matsyna, Zamazkin, 2010; Goroshko, 2011; Demeter *et al.*, 2018, Shnayder *et al.*, 2020).

That is why it is so important to install BPDs on push brace poles. Unfortunately, the current tendency is the opposite – in lines where

показатель рассчитан для осмотренных 91,8 км незащищённых ПО ЛЭП Алтайского края, проверенных в сентябре 2021 г. К сожалению, для оценки гибели птиц в холодное время года не хватает данных.

Попытке экстраполировать результат на территорию всего Алтайского края препятствует отсутствие открытых данных по общей протяжённости птицепасных ЛЭП в крае. В открытых источниках приведена длина линий электропередач напряжением 0,4–10 кВ и 35 кВ в Алтайском крае на 2018 г., которые составляли 54 053,8 км и 4 743 км соответственно (Указ губернатора Алтайского края..., 2018). Но вычленив среди них линии, представляющие опасность для птиц, без осмотра на местности не представляется возможным, поскольку нигде не указан тип опор, марка проводов и траверс, тип установленных изоляторов. Тем не менее, оценка протяжённости ПО ЛЭП на Алтае в 2 880 км, сделанная моими коллегами в 2009 году, сегодня выглядит очень сильно заниженной. Если хотя бы 10% от общей протяжённости 0,4–35 кВ линий представляют угрозу для птиц, то это составит 5 880 км, что в 64 раза больше суммарной длины незащищённых ПО участков, проверенных в этом исследовании. Соответственно, число погибших птиц за сезон с апреля по октябрь на всей территории Алтайского края может быть оценено в 50 700 особей. А общий ущерб животному миру в рублёвом эквиваленте при сохранении тех же пропорций по краснокнижным видам – в 603 млн. руб.

Выполнение собственниками линий обязанностей по оснащению линий ПЗУ

При проведении проверок ПО ЛЭП были выявлены несколько линий, частично или полностью оснащённые ПЗУ, всего 7 линий (табл. 4). Общая длина участков с ПЗУ из проверенного километража составила 27,94 км. Три линии оказались полностью и качественно оснащены ПЗУ. Это линия Л16 в Новичихинском районе из пос. Весёлая Дубрава к вышке сотовой связи, общей протяжённостью 1,5 км, осмотрена полностью; линия Л22 в Поспелихинском районе из с. Николаевка в с. Калмыцкие мысы, общей протяжённостью по карте как минимум 12,4 км, из которых 5,4 км были проинспектированы; а также линия Л44а в Усть-Калманском районе из с. Огни в с. Михайловка длиной 16 км, в которой представлены как бетонные опоры с ПЗУ, так и деревянные опоры с ПЗУ и без, осмотрена полностью. Выявленные

intermediate poles are equipped with BPDs bush brace poles are often left unupgraded. Examples are lines Л16, Л22, Л44а, i.e. all lines that have been retrofitted by BPDs from start to end except for the push brace poles. This lack of attention to push brace poles may be due to the difficulty of installing BPDs on them, but it isn't an excuse to neglect the danger they pose. The good thing is birds really like BPDs, and our results show that the mortality rate for birds on unsafe poles in lines where all intermediate poles are equipped with protection is close to zero.

Species composition of birds that died on power lines

We observed 23 species of birds killed by power lines. The most common among them were Hooded Crows (*Corvus cornix*) and Rooks (*Corvus frugilegus*) – 304 individuals in total, 59% of all dead birds. With less frequency, we found other synanthropic – magpies (*Pica pica*) (39 ind.), Jackdaws (*Corvus monedula*) (23 ind.), Starlings (*Sturnus vulgaris*) (16 ind.). The majority of electrocuted raptors were represented by 3 species – Black Kite (33 ind.), Common Buzzard (27 ind.), and Common Kestrel (30 ind.). We also found 7 dead Goshawks and 1 Great Grey Owl. Other raptors whose remains were found during the survey are enlisted in the Red List of Russia – Eagle Owl (2 ind.), Long-Legged Buzzard (2 ind.), Peregrine (2 ind.), Pallid Harrier (1 ind.), Greater Spotted Eagle (1 ind.), and Steppe Eagle (1 ind.). Bone fragments of one more eagle were not possible to ID up to species. Besides mentioned species, we also found remains of a Black Grouse (*Tetrao tetrix*), an Oriental Turtle Dove (*Streptopelia orientalis*), three Rock Pigeons (*Columba livia*), a Greater Spotted Woodpecker (*Dendrocopos major*), five Ravens (*Corvus corax*), and four small passerines of which only a Lesser Whitethroat (*Curruca curruca*) and a Skylark (*Alauda arvensis*) were possible to ID. And 11 more bone fragments remain unidentified.

The maximum species diversity of dead birds, 13 species, was observed on Л13 line stretching through steppe biotope for 8.6 km. This line also became an anti-leader by the density of dead raptors – 4.42 ind./km, with the share of raptors among other birds of 44.2%.

On the field power lines Л35 of 7.22 km length and Л6 of 4.5 km length, we observe the death of 10 and 9 species of birds respectively. Other lines with a length up to 2 km killed 5–7 species of birds. Lines less than 1 km in length killed 0–4 species. Lines from 1 to 2 km in length – 0–7 species of birds (table 1).

Табл. 4. Данные по линиям полностью или частично оборудованным ПЗУ.

Table 4. Overview of power lines fully or partially equipped with bird protection devices.

Индекс Index	Длина, км Length, km	ПЗУ, км BPD, km	Брак ПЗУ, шт Defective BPD, pcs	Плотность гибели птиц, ос./1 км Density of EB, ind./ 1 km	Район District
Л16	1.5	1.5	4	0	Новичихинский Novichikhinskiy
Л19	0.56	0.17	0	5.4	Поспелихинский Pospelikhinskiy
Л22	5.4	5.4	0	0	Поспелихинский Pospelikhinskiy
Л31	7.52	2.72	5	2.8	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy
Л39а	12.1	0.75	2	1.8	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy
Л40	9.5	1.4	0	0	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy
Л44а	16	16	10	0.4	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy
Vcero / Total	52.6	27.94	21		

случаи дефектов в установленных ПЗУ отмечены в таблице 4 и внесены в раздел «ООПТ и антропогенные угрозы»²⁰ веб-ГИС «Фаунистика».

Однако помимо полностью оснащённых линий, были выявлены линии, на которых ПЗУ были установлены только в непосредственной близости от населённых пунктов и автомобильных дорог, а участки ЛЭП, которые с трассы не просматриваются, были проигнорированы полностью²³. Такими примерами являются линии Л31 в Краснощёковском районе из с. Маралиха в с. Куйбышево^{24, 25, 26, 27} общей протяжённостью 7,52 км, из которых ПЗУ имеют три участка вблизи автомобильных дорог, общей длиной 2,72 км; а также линия Л39а в Усть-Калминском районе, идущая из с. Новокалманка в с. Огни^{28, 29, 30}, общей длиной 12,1 км, из которых лишь 0,75 км оснащены ПЗУ – несколько опор со стороны Новокалманки, и чуть большее число опор со стороны с. Огни. Данная линия стала причиной гибели краснокнижного степного орла! При этом эта ЛЭП тянется через проектируемый заказник «Северный фас Алтая» (Карякин и др., 2017), включённый в схему перспективных ООПТ Алтайского края (Постановление..., 2013) и была рекомендована к оснащению ПЗУ ещё в 2009 г.

Ещё короткий участок с ПЗУ был выявлен на линии Л40 со 143 по 170 опоры посреди

Live raptors accounting on power lines

During the survey, we recorded observations of live raptors in the close vicinity of power lines under study. The results showed in table 6.

In total, we counted 45 birds of prey. Of these, 31 individuals (68.9%) do not interact with power infrastructure at all, preferring natural perches like trees, rocks, haystacks, or either flying. Out of the remaining 14 raptors, two (4.4%) were observed perching on wire and insulators of the de-energized power line (Common Kestrel and Eastern Imperial Eagle); 7 raptors (15.5%) used safe wooden poles as a perch (Eastern Imperial Eagles, White-Tailed Eagles, a Common Buzzard, a Common Kestrel, and a Sparrowhawk (*Accipiter nisus*); 4 more kestrels (8.9%) were observed perching on a wire of UPLs with concrete poles; and only one bird (2.2%) – a Common Kestrel used an insulator of UPL.

Obviously, large raptors are avoiding live medium voltage power lines with concrete poles. They knowingly choose non-numerous wooden poles against the background of an abundance of concrete poles for perching and do not land on a free concrete pole if the place on the wooden is occupied (fig. 14 a, b). Our colleagues from the Orenburg region (Barbazyak, Petrishev, 2011) also noted the same stereotype – in the area with UPLs with concrete poles and metal cross-arms and safe power lines with wooden poles with-

²³ <http://youtu.be/X9npMtk9buA>

²⁴ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197608

²⁵ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197611

²⁶ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197619

²⁷ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197622

²⁸ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197658

²⁹ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197670

³⁰ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197672

сельскохозяйственных угодий, которая на момент проверки была отключена и неизвестно, будет ли использоваться снова. А также несколько опор с ПЗУ были выявлены в с. Клепчиха, на линии Л19, ведущей к сотовой вышке. Однако к этой же самой вышке с другой стороны подходит ещё одна птицепасная линия без ПЗУ (Л19/2³¹), которая эту вышку очевидно и питает, поскольку под ней найдены трупы птиц. По состоянию трансформаторов около вышки, создаётся впечатление, что безопасная линия, оснащённая ПЗУ, простаивает, а питание к вышке подаётся через новую ПО ЛЭП без птицевзащиты. В таблице 1 линии 19 и 19/2 обчислены как единая, но в базе данных они имеют раздельную нумерацию.

Большая протяжённость ПО ЛЭП, осматриваемых в 2021 году, уже была проверена в 2009 г. Тогда по результатам проверки к собственникам линий, МРСК Сибири и филиалам ОАО «Алтайэнерго», было направлено предложение о сотрудничестве, которое привело к подписанию соглашения о совместной деятельности между МРСК Сибири и Сибэкоцентром. Была подготовлена программа по оснащению ЛЭП ПЗУ. Повторная проверка 66,8 км линий в 2021 году (а именно линии Л9, Л11, Л12, Л13, Л15, Л31, Л35, Л37, Л38, Л39 а и б, Л44 а и б, Л47) показала, что ПЗУ были установлены лишь на 19,5 км линий, а регулярное техобслуживание с заменой поломанных элементов на новые качественно ведётся лишь на линии Л44а. Да и то не всегда (рис. 10).

Некоторые новые линии, сооружённые в крае с 2009 г., были оборудованы ПЗУ – линии Л16 и Л19 к сотовым вышкам и межпоселковая Л22, либо проводами типа СИП-3, например, линия к пос. Красный Май от трассы К-19, линии к ряду сотовых вышек, новых туристических баз и частных хозяйств, которые мы не осматривали, но отмечали в ходе работы. Однако целый ряд других линий был возведён без соблюдения природоохранного законодательства – в качестве примеров можно привести линии Л8, Л20, Л34, Л48, и ещё большее число линий продолжает эксплуатироваться без обеспечения безопасности объектам животного мира. Интересно, что в схеме и программе развития электроэнергетики Алтайского края на 2019–2023 годы вопрос о решении данной проблемы даже не поднимается (Указ губернатора Алтайского края..., 2018).

Сейчас на территории Алтайского края основными электросетевыми компания-

Рис. 10. Линия Л44а – произведена замена опоры без восстановления на ней ПЗУ.

Fig. 10. Replacement of the electric pole on the power line Л44а without restoring bird protection.

out cross-arms Steppe Eagles prefer the latter for perching. But this stereotype does not spread on de-energized power lines where eagles make no difference between wooden and concrete poles (I.V. Karyakin, personal communication). In our study, the only eagle perching on power infrastructure was also observed on the de-energized line (fig. 14 c). As we noted before (Shnayder *et al.*, 2020), birds of prey evolve a pattern of avoiding unsafe power lines supported by (natural) selection.

In the same article of 2020 (Shnayder *et al.*, 2020) we discussed a possible mechanism of evolving such a pattern when the pole type act

³¹ http://oopt.wildlifemonitoring.ru/?lang=ru#object/o_id=197711

ми являются: филиал ПАО «Федеральная сетевая компания единой энергетической системы» – «Западно-сибирское предприятие магистральных электрических сетей», ОАО «Алтайэнерго»; АО «Сетевая компания Алтайкрайэнерго»; ООО «Барнаульская сетевая компания» (п. 3.1.3. Указ губернатора Алтайского края..., 2018). Распределение осматриваемых в 2021 г. линий по собственникам представлено в таблице 5 (информация взята из публичной кадастровой карты³²).

as a factor of selection – only those who avoid dangerous poles survive and reproduce. Here we want to propose an additional hypothesis – birds (raptors) can sense live lines. It was proven that birds can see the direction and sense the strength of the earth's magnetic field. The mechanism of the reception was uncovered recently, and it is associated with pigment in the bird's eye and magnetically sensitive cells in the beak (Wiltshko&Wiltshko, 2019). It is possible that birds can simply perceive the magnetic field of live lines and consider its ab-

Табл. 5. Сведения об осматриваемых ЛЭП из кадастровой карты.

Table 5. Data on surveyed power lines from the publicly available cadastral map.

Индекс Index	Название в кадастре Name in cadaster	Район / District	Владелец / Owner
1	2	3	4
Л1	ВЛ 10 кВ Л-53-1	Павловский / Pavlovskiy	Не указан / Not indicated
Л2а	Электросетевой комплекс № Л1-3 Ребрихинский	Ребрихинский / Rebrihiniskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л2в	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Ребрихинский / Rebrihiniskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л3	Электросетевой комплекс № Л1-3 Ребрихинский	Ребрихинский / Rebrihiniskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л4	Электросетевой комплекс № С-10	Мамонтовский / Mamontovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л5	Электросетевой комплекс № С-10	Мамонтовский / Mamontovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л6	Электросетевой комплекс № С-10	Мамонтовский / Mamontovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л7	Электросетевой комплекс № С-10	Мамонтовский / Mamontovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л8	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Мамонтовский / Mamontovskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л9	Электросетевой комплекс № С-10	Мамонтовский / Mamontovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л10	Электросетевой комплекс № С-10	Мамонтовский / Mamontovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л11	Электросетевой комплекс № С-9	Романовский / Romanovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л12	Электросетевой комплекс № С-9	Романовский / Romanovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л13	Электросетевой комплекс № С-9	Романовский / Romanovskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
Л15	ВЛ 10 кВ Л-36-2	Волчихинский / Volchihinskii	Новичихинский электросетевой комплекс № 3-8, на территории Волчихинского района Novichiha's Power Grid Complex № 3-8
Л16	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Курьинский / Kuryinskii	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л17	ВЛ 10 кВ Л-36-4	Новичихинский Novichihinskii	Новичихинский электросетевой комплекс № 3-8, на территории Новичихинского района Novichiha's Power Grid Complex № 3-8
Л18	ВЛ 10 кВ Л-36-2	Новичихинский Novichihinskii	Новичихинский электросетевой комплекс № 3-8, на территории Новичихинского района Novichiha's Power Grid Complex № 3-8
Л19	ВЛ 10 кВ Л-12-6	Поспелихинский Pospelihinskii	Поспелихинский электросетевой комплекс № 3-9 Pospelih's Power Grid Complex № 3-9
Л19	Магистральная линия, участок LWFL2RUALT100360	Поспелихинский Pospelihinskii	ОАО «ВымпелКом» / OJSC «Vimpelcom»
Л20	ВЛ 10 кВ Л-12-6	Поспелихинский / Pospelihinskii	Поспелихинский электросетевой комплекс № 3-9 Pospelih's Power Grid Complex № 3-9
Л21	ВЛ 10 кВ Л-23-2	Поспелихинский / Pospelihinskii	Поспелихинский электросетевой комплекс № 3-9 Pospelih's Power Grid Complex № 3-9
Л22	ВЛ 10 кВ Л-41-2	Поспелихинский / Pospelihinskii	Поспелихинский электросетевой комплекс № 3-9 Pospelih's Power Grid Complex № 3-9
Л23а	ВЛ 10 кВ Л-17-3	Курьинский / Kuryinskii	Курьинский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтай-энерго» Южные электрические сети / OJSC «Altaienergo»

³² <http://pkk.rosreestr.ru>

Табл. 5. Сведения об осмотренных ЛЭП из кадастровой карты (Продолжение).

Table 5. Data on surveyed power lines from the publicly available cadastral map (Continuation).

1	2	3	4
Л23b	ВЛ 10 кВ Л-17-3	Курынский / Kuryinskiy	Курынский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтай-энерго» Южные электрические сети / OJSC «Altaienergo»
Л23c	ВЛ 10 кВ Л-17-3	Курынский / Kuryinskiy	Курынский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтай-энерго» Южные электрические сети / OJSC «Altaienergo»
Л27	ВЛ 10 кВ Л-17-3	Курынский / Kuryinskiy	Курынский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтай-энерго» Южные электрические сети / OJSC «Altaienergo»
Л28	ВЛ 10 кВ Л-46-2	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	Краснощёковский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л29	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л30	ВЛ 10 кВ Л-55-4	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	Краснощёковский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л31	ВЛ 10 кВ Л-55-4	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	Краснощёковский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л32	ВЛ 10 кВ Л-55-4	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	Краснощёковский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л33	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л34	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л35	ВЛ 10 кВ Л-13-11	Чарышский / Charyshskiy	Электросетевой комплекс № ЮС-8 «Чарышский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л36	ВЛ 10 кВ Л-13-11	Чарышский / Charyshskiy	Электросетевой комплекс № ЮС-8 «Чарышский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л37	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л38	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л39a	ВЛ 10 кВ Л-12-8	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л39b	ВЛ 10 кВ Л-12-8	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л39/1-3	ВЛ 10 кВ Л-12-8	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л40	ВЛ 10 кВ Л-12-9	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л42	ВЛ 10 кВ Л-12-9	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л43	ВЛ 10 кВ Л-12-1	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л44a	ВЛ 10 кВ Л-12-2	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л44b	ВЛ 10 кВ Л-12-2	Усть-Калманский Ust-Kalmanskiy	Электросетевой комплекс № Ю-7 «Усть-Калманский» филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
Л47	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Петропавловский Petrovavlovskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster

Табл. 5. Сведения об осмотренных ЛЭП из кадастровой карты (Окончание).

Table 5. Data on surveyed power lines from the publicly available cadastral map (Ending).

1	2	3	4
Л48	В кадастре не отмечена Not listed in the cadaster	Петропавловский Petropavlovskiy	В кадастре не отмечена / Not listed in the cadaster
Л49	Электросетевой комплекс № LL-19	Топчихинский / Topchihinskiy	ОАО «МРСК Сибири» / OJSC «MRSC Siberian»
опора А	ВЛ 10 кВ Л-36-2	Волчихинский / Volchihinskiy	Новичихинский электросетевой комплекс № 3-8, на территории Волчихинского района / Novichiha's Power Grid Complex № 3-8
опора Б	ВЛ 10 кВ Л-46-2	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	Краснощековский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»
опора С	ВЛ 10 кВ Л-46-2	Краснощёковский Krasnoschyokovskiy	Краснощековский электросетевой комплекс филиала ОАО «Алтайэнерго» Южные электрические сети OJSC «Altaienergo»

Анализ типов опор

Среди осмотренных опор, под которыми были найдены погибшие птицы, можно выделить анкерные, угловые и промежуточные опоры. Анкерные и угловые опоры устанавливаются в начале и в конце линии, в том числе в месте отпайки дочерних линий, и в точках изгиба. Встречаются анкерные и угловые опоры в среднем в соотношении 1:10 к промежуточным, по результатам учётов анкерных опор в десяти осмотренных линиях (Л8, Л10, Л15, Л17, Л20, Л23, Л31, Л38, Л39, Л47). Однако именно на опоры анкерного и углового типа приходится 22% всех убитых птиц (рис. 11, внутренняя окружность) вместо ожидаемых 9,1%, как было бы в случае, если бы интенсивность гибели птиц на анкерных/угловых и промежуточных опорах совпадала. Иначе говоря, учитывая количественное соотношение разных типов опор, одна анкерная/угловая опора уничтожает в 2,9 раза больше птиц, чем одна промежуточная.

Если же рассмотреть только хищных птиц (рис. 11, внешняя окружность), то тут разница будет ещё заметнее – на анкерных опорах погибло 33% от общего числа пер-

sence while perching on de-energized lines. From this point of view, de-energized lines are much more similar to trees than to live power lines.

While on live power lines a behavioral stereotype helps raptors to survive, which was discussed before.

Eagles form big convocations in Altai Kray during migration season. We observed two of them during the survey. The first one was near the village Kurya – around 30 Steppe, Imperial, and Greater Spotted Eagles, and the second one near the village Krasniye Orlii – about 10 Steppe Eagles. Fortunately, no power lines were in both areas.

Besides raptors, we observed several huge flocks of corvids on the survey route that used wire and poles to spend overnight.

Conclusions

1. Illegal operation and construction of 6–10 kV power lines without BPDs is still in progress in Altai Kray in violation of environmental laws of Russia.

2. The average bird mortality rate on unsafe power lines in the present study was 5.6 ind./km; solely for raptors – 1.18 ind./km. This rate is level with the one observed during the breeding season of 2009 (5.15 ind./km).

3. Raptors make 21% of the total of birds found dead. Endangered species make 1.94% of the total.

4. The highest density of dead birds was observed on unsafe power lines stretching through open undisturbed habitats – 9.1 ind./km for all species of birds and 2.31 ind./km for raptors. These lines should be retrofitted with bird-protection devices in the first place.

5. The damage to the ecosystem observed during the survey of 91.8 km of unsafe power lines is equal to 6.125 million Rubles. Or it is similar to 3,925 Rub per one electric pole, which is twice the price of a set of three BPDs

Рис. 11. Соотношение гибели птиц на промежуточных и анкерных / угловых опорах.

Fig. 11. Ratio of birds that died on intermediate and push brace electric poles.

■ Анкерные и угловые / Push-brace poles ■ Промежуточные / Intermediate poles

Рис. 12. А – Опора из ПО ЛЭП Л23, погубившая двух канюков (*Buteo buteo*). В – Опора из ПО ЛЭП Л13, погубившая курганника (*Buteo rufinus*), канюка и пустельгу (*Falco tinnunculus*). С – Опора из ПО ЛЭП Л13, погубившая четырёх канюков. Фото Е. Шнайдер.

Fig. 12. A – A pole from the UPL Л25 that killed two Common Buzzards (*Buteo buteo*). B – A pole from the UPL Л13 that killed a Long-Legged Buzzard (*Buteo rufinus*), a Common Buzzard, and a Kestrel (*Falco tinnunculus*). C – A pole from the UPL Л13 that killed four Common Buzzards. Photos by E. Shnayder.

натых хищников. Превышение в 4,9 раза. Этот печальный факт регулярно находит подтверждение в полях – нередко случаи, когда под одной анкерной опорой лежат по два, три, а иногда и четыре трупа хищных птиц (рис. 12).

Опасность анкерных опор состоит в том, что, во-первых, на них намного чаще бывают установлены линейные разъединители (ЛР), чем на промежуточных, и они являются наиболее опасными элементами электрической инфраструктуры (рис. 13 а).

that are needed to ensure the safety of one electric pole.

6. The estimated number of birds that died on the surveyed power lines during both migrations and nesting period (from April till October) is equal to 792 individuals.

7. Total damage to the ecosystem caused by the whole length of unsafe power lines operating in Altai Kray is hard to estimate. But if at least 10% of all existing 0.4–35 kV power lines in the region are not safe for birds, then the number of electrocuted birds can reach

Рис. 13. А – Анкерная опора с линейным разъединителем и исходящей отпайкой. В – Угловая опора с проводами, образующими угол, и исходящей отпайкой. С – Анкерная опора с двумя отпайками. Фото Е. Шнайдер.

Fig. 13. A – A push brace pole with a linear disconnecter and a lateral tap line. B – A push brace pole at the bending point of a power line with an outcoming tap line. C – A push brace pole with two outcoming tap lines. Photos by E. Shnayder.

ЛР представляют собой удобную широкую площадку для посадки, при этом совершенно не изолированы и находятся очень близко от оголённых проводов. Во-вторых, сами провода на таких конструкциях часто либо образуют угол, если опора угловая, либо появляется дополнительный провод или два, если опора установлена в месте отпайки дочерней линии (рис. 13 а, б, с). В обоих случаях расстояние между проводами сокращается, что увеличивает опасность касания. Повышенная угроза для птиц со стороны угловых и анкерных опор отмечалась и ранее (Мацына, Замазкин, 2010; Горошко, 2011; Demeter *et al.*, 2018; Шнайдер и др., 2020).

Поэтому в данной статье хочется обратить особое внимание на необходимость оснащения ПЗУ анкерных опор. К сожалению, в настоящее время наблюдается скорее обратная тенденция – зачастую в линиях, где промежуточные опоры несут ПЗУ, анкерные стоят голые, видимо ввиду того, что процесс натягивания на них защитного кожуха несколько сложнее, чем на рядовую опору. Такими примерами могут служить и линия Л16, и Л22, и Л44а. То есть все линии, которые от начала и до конца были оснащены ПЗУ, кроме анкерных опор.

Радует в данном случае то, что птицы действительно предпочитают опоры с ПЗУ, и результаты проверки показали, что под незащищёнными анкерами линий, где промежуточные опоры все оснащены ПЗУ, трупы птиц практически полностью отсутствуют.

Оценка видового разнообразия погибших на ЛЭП птиц

Всего на ПО ЛЭП были найдены трупы 23 видов птиц. Наиболее часто встречались погибшие серые вороны (*Corvus cornix*) и грачи (*Corvus frugilegus*) – суммарно 304 ос., 59% от общего числа погибших птиц, и реже – другие синантропные виды – сороки (*Pica pica*) (39 ос.), галки (*Corvus monedula*) (23 ос.), скворцы (*Sturnus vulgaris*) (16 ос.). Среди хищных птиц большинство найденных особей принадлежало к трём видам: чёрный коршун – 33 ос., канюк обыкновенный – 27 ос. и пустельга – 30 ос. Также из хищных регулярно встречались погибшие ястреба-тетеревятники (7 ос.). Однажды встретилась погибшая бородастая неясыть. Остальные виды хищных птиц, найденные погибшими на ЛЭП во время этой проверки, занесены в федеральную Красную книгу. Это филин – 2 ос., курганник обыкновенный – 2 ос.,

50,700 individuals and the total damage to the ecosystem can reach 603 million Rubles.

8. We observed an increased level of bird mortality on push brace poles compared with intermediate. The excess was 2.9 times considering all species and 4.9 times for raptors. Applying bird-protection devices to push-brace poles will significantly decrease the mortality rate of birds, especially of raptors.

Recommendations

To ensure the safety of wildlife during the operation of electrical grid infrastructure as prescribed by clause 28 of the Federal Law on Wildlife N 52-ФЗ from 24.04.1995 (in edition from 11.06.2021), it is required to prevent any possibility of electrocution of birds from contact with exposed parts of electrical equipment. Retrofitting of existing unsafe 6–35 kV power lines with bird-protection devices is considered as a solution. New lines should be designed with bird safety in mind, that can be achieved by using isolated wire, suspension insulators, or wooden poles.

First of all, power line retrofitting should be applied to

1. Push brace poles and poles with linear disconnectors.

2. Power lines stretching through open undisturbed biotopes.

All lines with BPDs should be annually surveyed and broken parts of the protection should be replaced.

Conclusion

Information about unsafe power lines revealed in the survey was sent to the environmental prosecutor's office of the Altai Kray. We hope the environmental protection is a matter of concernment for the power line owners and they are willing to cooperate in the implementation of bird-protection measures starting with the sites that pose the greatest threat for raptors.

Funding

This work was carried out thanks to the financial support of readers of the telegram channel "Expeditionary Pictures"¹⁶ and the personal contribution of the author.

Acknowledgments

I am sending heartfelt gratitude to my subscribers who supported this work. I also want to thank State Inspectors of the Ministry of Nature Resources – Evgeniy Berdichevskiy, Anatoly Kostenko, and Aleksey Rybin who provided effective professional support in making incident reports about the facts of electrocution of endangered species.

сокол-сапсан – 2 ос., степной лунь – 1 ос., степной орёл – 1 ос., большой подорлик – 1 ос. Останки ещё одного орла до вида определить не удалось. Помимо вышеперечисленных, также были найдены останки тетерева (*Tetrao tetrix*), большой горлицы (*Streptopelia orientalis*), трёх сизых голубей (*Columba livia*), большого пёстрого дятла (*Dendrocopus major*), пяти воронов (*Corvus corax*) и четырёх представителей мелких воробьинообразных, из которых удалось идентифицировать славку-мельничка (*Curruca curruca*) и полевого жаворонка (*Alauda arvensis*). Родовую принадлежность ещё 11 фрагментарных костных останков установить не удалось.

Максимальное видовое разнообразие среди погибших птиц было отмечено на степной линии Л13, длиной 8,6 км – 13 видов. Под этой линией также было собрано наибольшее число погибших птиц – 86 особей, хотя по показателю плотности гибели эта линия уступила более коротким участкам ПО ЛЭП. Но эта линия стала несомненным анти-лидером по плотности погибших хищных птиц – 4,42 ос./км, а процент хищных птиц среди всех найденных на линии трупов составил 44,2%.

Также на полевых линиях Л35 длиной 7,22 км и линии Л6 длиной 4,5 км погибло по 10 и 9 видов соответственно. На прочих ПО линиях длиной более 2 км погибло по

5–7 видов птиц, на линиях менее 1 км – по 0–4 вида, на линиях от 1 до 2 км – по 0–7 видов птиц (табл. 1).

Учёт живых хищных птиц на ЛЭП

Результаты наблюдений живых птиц во время осмотров ПО ЛЭП приведены в таблице 6.

Всего было отмечено 45 особей пернатых хищников, находящихся вблизи осматриваемых линий. При этом 31 особь (68,9%) с инфраструктурой никак не взаимодействовала, предпочитая натуральные присады, такие как деревья, камни, стога сена, либо вообще пребывая в воздухе. Из оставшихся 14 особей, две (4,4%) были встречены сидящими на проводах и изоляторах обесточенной линии, поддерживаемой бетонными опорами (пустельга и орёл-могильник), 7 особей (15,5%) использовали в качестве присады деревянные опоры (орлы-могильники, орланы-белохвосты, канюк, пустельга, ястреб-перепелятник *Accipiter nisus*), ещё 4 пустельги (8,9%) были встречены сидящими на проводах ПО ЛЭП на бетонных опорах, и лишь одна птица – пустельга (2,2%) использовала изолятор на птицеопасной бетонной опоре в качестве присады.

Совершенно очевиден паттерн избегания линий на бетонных опорах под напряжением у крупных пернатых хищников,

Табл. 6. Встречи живых хищных птиц близ осматриваемых ЛЭП в сентябре 2021 г. во время проведения исследования.

Table 6. Observations of alive birds of prey in close vicinity of surveyed power lines in September of 2021.

Вид / Species	В воздухе In air	Естественные присады Natural perches	Деревянная опора ЛЭП 10 кВ / Wooden pole of 10 kV power line		Бетонная опора ЛЭП 10 кВ Concrete pole of 10 kV power line			Всего Total	Доля, % Share, %
			Опора Pole	Провод Wire	Траверса Cross-arm	Изолятор Insulator	Провод Wire		
<i>Aquila heliaca</i>	5	4	2			1*		12	26.7
<i>Aquila nipalensis</i>	1							1	2.2
<i>Clanga clanga</i>	3							3	6.7
<i>Haliaeetus albicilla</i>		3	2					5	11.1
<i>Buteo buteo</i>			1					1	2.2
<i>Pernis apivorus</i>	3							3	6.7
<i>Pernis ptilorhynchus</i>	1							1	2.2
<i>Milvus migrans</i>	1							1	2.2
<i>Accipiter nisus</i>	3	1	1					5	11.1
<i>Circus cyaneus</i>	3							3	6.7
<i>Falco peregrinus</i>		1						1	2.2
<i>Falco tinnunculus</i>	1	1	1			1	4+1*	9	20.0
Всего / Total	21	10	7	0	0	2	5	45	
Доля, % / Share, %	46.7	22.2	15.5	0	0	4.4	11.1		

Примечания / Notes:

* линия отключена / line de-energized.

Рис. 14. А, В – Два орла-могильника (*Aquila heliaca*) соревнуются за место на безопасной деревянной опоре.

Рядом в нескольких десятках метров по степи проходит линия Л13 с густой сетью бетонных опор, но она не привлекает орлов.

С – Молодой орёл-могильник, сидящий на штыревом изоляторе обесточенной линии Л40.

Фото Е. Шнайдер.

Fig. 14. А, В – Two Eastern Imperial Eagles (*Aquila heliaca*) compete for the place on the safe wooden pole.

A few dozen meters away the UPL L13 runs on concrete poles but it does not attract eagles as a perching site.

С – A juvenile Eastern Imperial Eagle is perching on a pin insulator of a concrete pole of the de-energized power line. Photos by E. Shnayder.

таких как орлы-могильники и орланы-белохвосты. Птицы намеренно выбирают немногочисленные деревянные опоры при изобилии бетонных. Они стараются занять место именно на деревянной опоре и не стремятся занимать пустующую бетонную, если место на деревянной занято (рис. 14). В работе наших коллег из Оренбургской области (Барбазюк, Петришев, 2011) отмечен аналогичный стереотип: при наличии в ЛЭП опасных бетонных опор с металлическими траверсами и безопасных деревянных безтраверсных, степные орлы предпочитают в качестве присад вершины деревянных опор. При этом осмотр обесточенных линий показывает, что на них орлы не делают выбора между типами опор и с одинаковой охотой используют и бетонные, и деревянные (И.В. Карякин, личн. сообщ.). В нашем исследовании единственный орёл, встреченный сидящим на ЛЭП за всё время проверки, использовал именно обесточенную линию (рис. 14 с). Как мы уже замечали ранее (Шнайдер и др., 2020), у хищных птиц формируется паттерн избегания птицепасных линий, поддерживаемый отбором.

В статье 2020 г. (Шнайдер и др., 2020) мы уже обсуждали возможный механизм формирования такого паттерна поведения: опоры служат фактором отбора – выживают те особи, которые используют для присад деревянные опоры, а не бетонные с металлическими траверсами. Хочется добавить ещё одну гипотезу: птицы видят линии, находящиеся под напряжением. Достоверно установлено, что птицы могут видеть направление и чувствовать напряжённость магнитного поля Земли, и известен механизм рецепции, связанный

с пигментом, находящемся в глазу и магниточувствительными клетками в клюве (Wiltchko, Wiltchko, 2019). Возможно, что птицы просто ощущают магнитные поля линий под напряжением и учитывают их отсутствие у обесточенных линий. С такой точки зрения, линии без напряжения больше напоминают деревья и другие естественные присады, чем линии под напряжением. На рабочих же линиях избегать гибели птицам помогает поведенческий стереотип, о котором мы рассуждали выше.

В сезон миграции на территории края образуются крупные скопления пролётных орлов, и мы наблюдали два таких скопления во время обследования ЛЭП – в окрестностях с. Курья (около 30 особей степных орлов, орлов-могильников и больших подорликов) и близ с. Красные орлы (около 10 особей степных орлов). К счастью, вблизи от мест скопления не проходило ни одной ПО ЛЭП.

Помимо хищных птиц, близ осмотренных линий отмечены несколько очень крупных скоплений врановых, использующих провода линий для ночёвок.

Выводы

1. На территории Алтайского края продолжается незаконная эксплуатация птицепасных ЛЭП 6–10 кВ без птицезащитных устройств.

2. Средняя плотность гибели птиц на незащищённых ПО ЛЭП в данном исследовании составила 5,6 ос./км, а плотность гибели хищных птиц – 1,18 ос./км. Это сопоставимо с уровнем гибели птиц, выявленным в гнездовой период в 2009 году – 5,15 ос./км.

3. Погибшие хищные птицы в нашем исследовании составили 21% от общего числа найденных останков, а виды, внесённые в Красную книгу РФ, – 1,94%. В работе 2009 года эти показатели могли быть рассчитаны лишь суммарно для Алтайского края и Республики Алтай и составляют для хищных птиц – 28,5%, для видов из КК РФ – 5,6%. Сравнить эти показатели с полученными в 2021 году в Алтайском крае будет некорректно, ввиду более высокой плотности обитания крупных пернатых хищников в Республике Алтай.

4. Максимальная плотность гибели птиц была выявлена на ПО ЛЭП, идущих через открытые ненарушенные биотопы – 9,1 ос./км для всех видов и 2,31 ос./км для хищных птиц. Именно эти участки должны быть оснащены ПЗУ в первую очередь.

5. Ущерб от фактической гибели птиц на осмотренных 91,8 км незащищённых ПО ЛЭП в линиях с ПЗУ составил в рублёвом эквиваленте 6,125 млн. руб. Что аналогично 3 925 руб. на одну опору. А это как минимум в 2 раза больше, чем стоимость 3-х комплектов ПЗУ на одну промежуточную опору³³.

6. Вероятный уровень гибели птиц на проверенных ПО ЛЭП за миграционно-гнездовой сезон с апреля по октябрь оценён в 792 особи.

7. Общий ущерб на всех ПО ЛЭП Алтайского края точно оценить невозможно, но если допустить, что ПО ЛЭП составляют хотя бы 10% от суммарной длины линий 0,4–35 кВ в крае, то гибель птиц с апреля по октябрь в Алтайском крае может достигать 50 700 особей, а ущерб – 603 млн. руб.

8. Отмечен повышенный уровень гибели птиц на анкерных и угловых опорах по сравнению с промежуточными. Суммарно для всех видов птиц превышение составляет 2,9 раза, а для хищных птиц – 4,9 раза. Первоочередная установка защиты на таких опорах существенно повысит уровень безопасности для птиц, особенно хищных.

Рекомендации

Для обеспечения безопасности объектов животного мира при эксплуатации ЛЭП, в соответствии с требованиями статьи 28 Федерального закона от 24.04.1995 N 52-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О животном мире» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2021), необходимо исключить возможность гибели птиц вследствие их кон-

такта с неизолированными частями электрооборудования. Для этого возможно оснащение существующих 6–35 кВ ЛЭП на бетонных опорах со штыревыми изоляторами специальными птицезащитными устройствами. При проектировании новых 6–35 кВ линий обеспечить безопасность животных возможно либо использованием изолированного провода СИП-3, либо подвесных изоляторов, либо деревянных без-траверсных опор.

Первоочередного переоснащения требуют:

1. Анкерные и угловые опоры, а также опоры с линейными разъединителями.

2. Линии, проходящие через открытые ненарушенные местообитания.

Для линий с установленными ПЗУ необходимо ежегодно проводить обследование их состояния и своевременно осуществлять их ремонт и замену.

Заключение

Информация о птицепоопасных ЛЭП была передана в природоохранную прокуратуру Алтайского края. Мы надеемся на заинтересованность в сохранении природы и готовность к сотрудничеству со стороны собственников линий и реализацию птицезащитных мероприятий, начиная с участков, представляющих максимальную угрозу пернатым хищникам.

Финансирование

Данная работа выполнена благодаря финансовой поддержке читателей телеграм-канала «Экспедиционные картинки»³⁴ и личным средствам автора.

Благодарности

Сердечно благодарю подписчиков моего телеграм-канала, оказавших финансовую поддержку этому исследованию. Также выражаю благодарность гос.инспекторам Управления охотхозяйства Министерства природных ресурсов и экологии Алтайского края Бердичевскому Евгению Михайловичу, Костенко Анатолию Анатольевичу и Рыбину Алексею Анатольевичу, благодаря оперативности которых удавалось быстро активировать факты гибели видов, занесённых в Красную книгу РФ.

Литература

Барбазюк Е.В., Петрищев В.П. Оценка гибели птиц на линиях электропередач 6–10 кВ в Оренбургской области летом 2011 года. – Вестник ОГУ. 2011. № 12. С. 31–33. [Barbazyuk E.V., Petrishev V.P. Estimation of bird deaths on power

³³ <http://rs24.ru/product/2243674>

³⁴ <http://t.me/expkart>

lines 6–10 kV in the Orenburg region in summer 2011. – Bulletin of the Orenburg State University. 2011. 12: 31–33. (in Russian.) URL: <http://rrrcn.ru/wp-content/uploads/2014/12/9.pdf> Дата обращения: 20.12.2021.

Важов С.В. Экология и распространение соколообразных и совообразных в предгорьях Алтая. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2012. 22 с. [Vazhov S.V. Ecology and distribution of birds of prey and owl in the foothills of the Altai. Abstract of thesis. Barnaul, 2012: 1–22. (in Russian.)] URL: <https://www.asu.ru/files/documents/00005483.pdf> Дата обращения: 20.12.2021.

Горошко О.А. Гибель птиц на ЛЭП в Даурской степи (Юго-Восточное Забайкалье), Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2011. № 21. С. 84–99. [Goroshko O.A. Bird Electrocution in the Daurian Steppe (South-Eastern Trans-Baikal Region), Russia. – Raptors Conservation. 2011. 21: 84–99.] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/15240> Дата обращения: 20.12.2021.

Инфляция в России. 2021. [Inflation in Russia. 2021.] URL: <https://xn----ctbjnaatncev9av3a8f8b.xn--p1ai> Дата обращения: 20.12.2021.

Карякин И.В. Пернатые хищники в электро-сетевой среде Северной Евразии: каковы перспективы выживания? – Пернатые хищники и их охрана. 2012. № 24. С. 69–85. [Karyakin I.V. Birds of Prey and Power Lines in Northern Eurasia: What are the Prospects for Survival? – Raptors Conservation. 2012. 24: 69–85.] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/12320> Дата обращения: 15.12.2021.

Карякин И.В., Николенко Э.Г., Важов С.В., Бекмансуров Р.Х. Гибель пернатых хищников на ЛЭП на Алтае: результаты исследований 2009 года, Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2009. № 16. С. 45–64. [Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Vazhov S.V., Bekmansurov R.H. Raptor Electrocution in the Altai Region: Results of Surveys in 2009, Russia. – Raptors Conservation. 2009. 16: 45–64.] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/19496> Дата обращения: 20.12.2021.

Карякин И.В., Николенко Э.Г., Шнайдер Е.П. Обследован проектируемый заказник «Северный фас Алтая». – Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников. 2017. [Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Schnayder E.P. An examination of projected wildlife sanctuary “Northern face of Altai”. – Russian Raptor Research and Conservation Network. 2017.] URL: <http://rrrcn.ru/archives/30224> Дата обращения: 20.12.2021.

Карякин И.В., Николенко Э.Г., Шнайдер Е.П., Зиневич Л.С., Пуликова Г.И., Бартошук К., Хорват М., Юхаш Т., Агабабян К., Андреевкова Н.Г. Результаты GPS/GSM-трекинга ювенильных степных орлов из России и Казахстана. – Пернатые хищники и их охрана. 2019. № 39. С. 71–227. [Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Shnayder E.P., Zinevich L.S., Pulikova G.I., Bartoszek K., Horvath M., Juhász T., Aghababayan K., Andreenkova N.G. Results of the GPS/GSM-Tracking of Juvenile Steppe Eagles

from Russia and Kazakhstan. – Raptors Conservation. 2019. 39: 71–227.] DOI: 10.19074/1814-8654-2019-39-71-227 URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/33119> Дата обращения: 20.12.2021.

Карякин И.В., Смелянский И.Э., Бакка С.В., Грабовский М.А., Рыбенко А.В., Егорова А.В. Крупные пернатые хищники Алтайского края. – Пернатые хищники и их охрана. 2005. № 3. С. 28–51. [Karyakin I.V., Smelansky I.E., Bakka S.V., Grabovsky M.A., Rybenko A.V., Egorova A.V. The Raptors in the Altai Kray. – Raptors Conservation. 2005. 3: 28–51.] URL: <http://rrrcn.ru/en/archives/31422> Дата обращения: 20.12.2021.

Машина А.И., Замазкин А.Е. Рекомендации по обеспечению безопасности объектов животного мира при эксплуатации воздушных линий связи и электропередачи на территории Нижегородской области. Нижний Новгород, 2010. 60 с. [Matsyna A., Zamazkin A. Recommendations on ensuring the safety of wildlife during the operation of overhead power and communication lines in the territory of the Nizhny Novgorod district. Nizhny Novgorod, 2010: 1–60. (in Russian.)] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/12296> Дата обращения: 20.12.2021.

Методика исчисления размера вреда, причинённого объектам животного мира, занесённым в Красную книгу РФ, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания от 28.04.2008 № 107 с изменениями от 12.12.2012 № 429. [The Methodology for Estimating the Level of Damage Caused to Species Listed in the Red Data Book of Russian Federation, as Well as to Non-Game Species and their Habitats (Approved by decree of the Ministry of Natural Resources of Russia from 28/04/2008 No. 107 as amended on 12.12.2012 No. 429.) (in Russian.)] URL: <https://base.garant.ru/12161284/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33> Дата обращения: 20.12.2021.

Методика исчисления размера вреда, причинённого охотничьим ресурсам от 08.12.2011 № 948, с изменениями от 22.07.2013 № 252 и 17.11.2017 № 612. [The Methodology for Estimating the Level of Damage Caused to Game Species (Approved by decree of the Ministry of Natural Resources of Russia from 08/04/2008 No. 107 as amended on 22/07/2013 No. 252 and 17/11/2017 No. 612.) (in Russian.)] URL: <http://base.garant.ru/70132926> Дата обращения: 20.12.2021.

Николенко Э.Г., Карякин И.В. Птицы и ЛЭП в Алтае-Саянском регионе: масштаб проблемы и пути решения. – Пернатые хищники и их охрана. 2012. № 24. С. 88–97. [Nikolenko E.G., Karyakin I.V. Birds and Power Lines in the Altai-Sayan Region: The Scale of the Problem and Ways to Address it. – Raptors Conservation. 2012. 24: 88–97.] URL: <http://rrrcn.ru/ru/archives/12326> Дата обращения: 20.12.2021.

Постановление Администрации Алтайского края № 418 от 12 августа 2013 года «Об утверждении схемы развития и размещения особо охраняемых природных территорий Алтайского края на период до 2025 года» (с изменениями

на 31 марта 2021 года) (в ред. Постановления Администрации Алтайского края от 24.07.2015 № 305, Постановлений Правительства Алтайского края от 10.05.2018 № 158, от 06.05.2020 № 204, от 18.01.2021 № 2, от 31.03.2021 № 101). [Resolution of the Administration of the Altai Kray No. 418 of August 12, 2013 "On approval of the scheme for the development and placement of specially protected natural areas of the Altai Kray for the period up to 2025" (as amended on March 31, 2021) (as amended by the Resolution of the Administration of the Altai Kray of 24.07.2015 No. 305, Resolutions of the Government of the Altai Kray of 05/10/2018 No. 158, of 05/06/2020 No. 204, of 01/18/2021 No. 2, of 03/31/2021 No. 101).] URL: <https://docs.cntd.ru/document/460155163> Дата обращения: 20.12.2021.

Пуликова Г.И., Воронова В.В. Гибель орлов на воздушных линиях электропередачи в Казахстане: обзор актуального состояния проблемы. – Пернатые хищники и их охрана. 2018. Спецвып. 1. С. 189–191. [Pulikova G.I., Voronova V.V. Death of Eagles on Overhead Power-lines in Kazakhstan: Review of the Actual State of the Issue. – Raptors Conservation. 2018. Suppl. 1: 182–183.] URL: <http://rrrcn.ru/archives/32711> Дата обращения: 20.12.2021.

Салтыков А.В. Основы орнитологической безопасности электросетевой среды. – Бранта. Вып. 17. 2014. С. 153–160. [Saltykov A.V. Fundamentals of ornithological safety in the power grid environment. – Branta. Vol.17. 2004: 153–160. (in Russian).] URL: https://branta.org.ua/branta-pdf/17/12_saltykov.pdf Дата обращения: 20.12.2021.

Смелянский И.Э., Томиленко А.А. Пернатые хищники степных предгорий Русского Алтая: находки 2005 года. – Пернатые хищники и их охрана. 2005. № 3. С. 52–53. [Smelansky I.E., Tomilenko A.A. The raptors in the steppe of the Russian Altai foothills – records 2005. – Raptors Conservation. 2005. 3: 52–53.] URL: <http://rrrcn.ru/en/archives/31425> Дата обращения: 20.12.2021.

Указ губернатора Алтайского края «Об утверждении схемы и программы «Развитие электроэнергетики Алтайского края» на 2019–2023 годы» № 61 от 28 апреля 2018 года. Барнаул, 2018. [Decree of the Governor of the Altai Territory "On approval of the scheme and program Development of the Altai electric power industry for 2019–2023" № 61 dated April 28, 2018. Barnaul, 2018. (in Russian).] URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=168111515&backlink=1&nd=168107597&rdk=0&refo id=168113244> Дата обращения: 20.12.2021.

Федеральный закон от 24.04.1995 № 52-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О животном мире» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2021). [Federal Law of the Russian Federation on Wildlife No. 52-FZ of 24.04.1995 (edited on 11.06.2011) with amendments]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6542/ Дата обращения: 20.12.2021.

Шнайдер Е.П., Николенко Э.Г., Карякин И.В. Гибель птиц на ЛЭП в Хакасии (Россия) в 2020

году. – Пернатые хищники и их охрана. 2020. № 41. С. 26–63. [Shnayder E.P., Nikolenko E.G., Karyakin I.V. Electrocutions of Birds on Power Lines in the Khakassia Republic, Russia, in 2020. – Raptors Conservation. 2020. 41: 26–63.] DOI: 10.19074/1814-8654-2020-41-26-63 URL: <http://rrrcn.ru/archives/33844> Дата обращения: 20.12.2021.

Demeter I., Horvath M., Nagy K., Gorogh Z., Toth P., Bagyura J., Solt S., Kovacs A., Dwyer J.F., Harness R.E. Documenting and reducing avian electrocutions in Hungary: A conservation contribution from citizen scientists. – The Wilson Journal of Ornithology. 2018. 130(3): 600–614. DOI: 10.1676/17-031.1 URL: <https://www.researchgate.net/publication/328546978> Дата обращения: 20.12.2021.

Lehman R.N., Kennedy P.L., Savidge J.A. The state of the art in raptor electrocution research: a global review. – Biological Conservation. 2007. 136(2): 159–174. DOI: 10.1016/j.biocon.2006.09.015 URL: http://www.globalraptors.org/grin/researchers/uploads/531/global_review_2007.pdf Дата обращения: 20.12.2021.

Loss S.R., Will T., Marra P.P. Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. – Plos One. 2014. 9(7): e101565. DOI: 10.1371/journal.pone.0101565 URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0101565> Дата обращения: 20.12.2021.

Prinsen H.A.M., Smallie J.J., Boere G.C., Pires N. (Compilers). Guidelines on How to Avoid or Mitigate Impact of Electricity Power Grids on Migratory Birds in the African-Eurasian Region. AEWA Conservation Guidelines No. 14, CMS Technical Series No. 29, AEWA Technical Series No. 50, CMS Raptors MOU Technical Series No. 3, Bonn, Germany, 2012: 1–45. URL: https://www.cms.int/sites/default/files/publication/ts50_electr_guidelines_03122014.pdf Дата обращения: 20.12.2021.

RRRCN. Изучение миграций степных орлов из Алтае-Саянского региона России и Центрального Казахстана в 2018–2019 гг. – Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников. 2021 а. [RRRCN. Research of the Steppe Eagles migration from the Altai-Sayan region of Russia and Central Kazakhstan in 2018–2019. – Russian Raptor Research and Conservation Network. 2021 a.] URL: <http://rrrcn.ru/migration/se2018> Дата обращения: 20.12.2021.

RRRCN. Изучение миграций степных орлов из Алтае-Саянского региона России в 2020–2021 гг. – Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников. 2021 б. [RRRCN. Research of the Steppe Eagles migration from the Altai-Sayan region of Russia in 2020–2021. – Russian Raptor Research and Conservation Network. 2021 b.] URL: <http://rrrcn.ru/migration/se2020> Дата обращения: 20.12.2021.

Wiltschko R., Wiltschko W. Magnetoreception in birds. – Journal of the Royal Society, Interface. 2019. 16(158): 20190295. DOI: 10.1098/rsif.2019.0295 URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsif.2019.0295> Дата обращения: 20.12.2021.