

Raptors Conservation

ОХРАНА ПЕРНАТЫХ ХИЩНИКОВ

Bird electrocutions and power poles in Northwestern Mexico: an overview

ГИБЕЛЬ ПТИЦ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ МЕКСИКЕ: КРАТКИЙ ОБЗОР

Jean-Luc E. Cartron (Department of Biology, University of New Mexico, Albuquerque, USA), Rodrigo Sierra Corona, Eduardo Ponce Guevara (Instituto de Ecologia, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico),

Richard E. Harness (EDM International, Inc., Fort Collins, USA),

Patricia Manzano-Fischer (Agrupacion Dodo AC, Toluca, Mexico),

Ricardo Rodriguez-Estrella (Centro de Investigaciones Biologicas del Noroeste, La Paz, Mexico),

Gabriel Huerta (Department of Mathematics and Statistics, University of New Mexico, Albuquerque, USA).

Жан-Люк Е. Картрон (Биологический факультет, университет Нью-Мексико, Альбукерке, штат Нью-Мексико, США)

Родриго Сьерра Корона, Эдуардо Понсе Гевара (Институт экологии, Национальный университет, Мехико, Мексика)

Ричард Э. Харнесс (Корпорация ЕДМ, США)

Патрисия Мансано-Фишер (Общественная организация «Дронт», Толука, Мексика)

Рикардо Родригес-Эстрелья (Центр биологических исследований Северо-запада, Ла-Пас, Мексика)

Габриэль Уэрта (Факультет математики и статистики, Университет Нью-Мексико, Альбукерке штат Нью-Мексико, США)

Contact:

Jean-Luc E. Cartron
Department of Biology
University of New Mexico Albuquerque
NM
87131 USA
tel.: +1 505 277 3411
fax: +1 505 277 0304
jlec@unm.edu.

Введение

Поражение электротоком на линиях электропередач (ЛЭП) – одна из важнейших причин гибели хищных птиц на территории многих стран мира (Markus, 1972; Haas, 1980; Ledger and Annegarn, 1981; Ferrer and Hiraldo, 1991; LaRoe et al., 1995; Harness and Wilson, 2001). Как отмечено в последнее время в ряде восточноевропейских и азиатских стран (Болгария: Stoychev, Karafeisov, 2004; Венгрия: Bagyura et al., 2004; Казахстан: Karyakin, Barabashin, 2005; Россия: Matsina, 2005; Pestov, 2005; Словакия: Adamec, 2004), гибель пернатых хищников от электрического тока особенно высока на опорах ЛЭП, столбы и траверсы которых сделаны из проводящего материала (сталь, бетон и т.п.). Птица, сидящая на траверсе, заземлена, и, если

Introduction

Electric utility structures are an important cause of raptor mortality throughout much of the world (e.g., Markus, 1972; Haas, 1980; Ledger and Annegarn, 1981; Ferrer and Hiraldo, 1991; LaRoe et al., 1995; Harness and Wilson, 2001). As documented recently in several eastern European and Asian countries (Bulgaria: Stoychev and Karafeisov, 2004; Hungary: Bagyura et al., 2004; Kazakhstan: Karyakin and Barabashin, 2005; Russia: Matsina, 2005; Pestov, 2005; and Slovakia: Adamec, 2004), the incidence of raptor electrocutions is particularly high where poles and crossarms are both made of conductive material such as steel or concrete. A bird that perches on a crossarm becomes grounded and it can be shocked if it simply touches 1 energized wire (phase-

она коснется провода, находящегося под напряжением, это может привести к короткому замыканию. В отличие от опор ЛЭП с проводящими ток траверсами, гибель птиц менее вероятна на опорах ЛЭП, столбы и траверсы которых сделаны из непроводящих ток материалов (например, деревянные). На опорах данного типа гибель птицы происходит, если она касается сразу 2-х проводов (Ferrer and Jans, 1999).

С самых первых сообщений о случаях гибели пернатых хищников в результате поражения электротоком на северо-западе Чихуахуа в 1999 г., инфраструктура ЛЭП Мексики стала поводом для беспокойства мексиканских и американских экологов (Cartron et al., 2000, 2005, 2006; Manzano-Fischer et al., в печати). Многие ЛЭП Мексики имеют опоры из железобетона, со стальными траверсами (Cartron et al., 2000, 2005, 2006; Manzano-Fischer et al., в печати). Также широко используются деревянные опоры со стальными заземлёнными траверсами. Угроза пернатым хищникам и другим крупным птицам не ограничивается вышеперечисленными конструкциями: гибель птиц происходит и на опорах с отпайкой, и угловых опорах (Cartron et al., 2005).

До настоящего времени остаётся неизвестным влияние бетонных опор с заземлёнными траверсами на птиц в масштабе всей Мексики. За последние 7 лет мы зафиксировали большое количество пернатых хищников и воронов, погибших от электрического тока на северо-западе Мексики в Чихуахуа. Кроме того, разовые исследования ЛЭП в Сонора и Калифорнии также выявили гибель птиц от электротока.

В этом обзоре собрана информация по смертности птиц на ЛЭП, включающая ранее неопубликованные данные последних лет (за 2005–2006 гг.), описываются пти-

to-ground contact). This is in contrast to poles using non-conductive (e.g., wooden) crossarms, where electrocution events are less likely because they require a bird to span the distance between 2 wires (Ferrer and Jans, 1999).

Since the first reports of electrocuted raptors from northwestern Chihuahua in 1999, Mexico's distribution power-lines have become a matter of concern to Mexican and U.S. conservation biologists (Cartron et al., 2000, 2005, 2006; Manzano-Fischer et al., in press). Many of Mexico's poles are built with concrete poured over a framework of metal rebar and then fitted with steel crossarms (Cartron et al., 2000, 2005, 2006; Manzano-Fischer et al. in press). Also widely used are wooden poles with steel crossarms that are often grounded. The threat to raptors and other larger birds is further compounded by concrete pole-to-phase and phase-to-phase separations that are often insufficient, together with exposed jumper wires at equipment poles and double dead-end poles (Cartron et al., 2005).

To date, the impact of concrete poles and grounded crossarms on birds remains unknown at the scale of Mexico. During the last 7 years, however, we have documented a large number of raptor and raven electrocutions in the northwestern corner of one Mexican state, Chihuahua. While more limited, additional power-line surveys in Sonora and Baja California Sur have also led to the discovery of electrocuted birds. Here we provide an overview of the information collected, including our latest (i.e., 2005–2006), unpublished mortality data. We also describe retrofitting materials and techniques used by Mexico's utility company, the Comision Federal de Electricidad (CFE), along with their limitations. We provide several recommendations for decreasing the incidence of bird mortality on power poles in Mexico.

Area

Chihuahua, Sonora, and Baja California Sur are located in northwestern Mexico (fig. 1). The lower elevations are characterized by an



Рис. 1. Районы исследований ЛЭП (выделены цветом) на карте Мексики. Исследования в Чихуахуа проводились, прежде всего, на северо-западе Мексики, к западу от Джаноса и Казас Грандес

Fig. 1. Map of Mexico showing (in colored) the 3 states where power-line surveys have been conducted. Surveys in Chihuahua were conducted primarily in the northwestern corner of the state, west of Janos and Casas Grandes

цезащитные устройства (ПЗУ), материалы и методы, используемые сервисной компанией Мексики и Федеральной Комиссией по электросетям (CFE), с указанием их недостатков. Также сделано несколько рекомендаций по уменьшению смертности птиц на ЛЭП в Мексике.

Район исследований

Чихуахуа, Сонора и Калифорния расположены в северо-западной Мексике (рис. 1). Самые низкие возвышенности характеризуются засушливым климатом и отсутствием высокорослой растительности, в связи с чем здесь недостаточно естественных присад для пернатых хищников. На обследованных территориях растительность представлена зарослями пустынных кустарников сонорского типа (Нижняя Калифорния, Западная и Центральная Сонора), чисто травянистыми сообществами, травянистыми сообществами с участием мескита (*Prosopis*) (рис. 2) и мескитовыми кустарниковыми зарослями (северо-восточная Сонора, северо-западная Чихуахуа).

Учётная площадка размером 30x20 км была заложена на северо-западе Чихуахуа к западу от городов Ханос и Касас Грандес (рис. 1). В центре площадки на площади 30 тыс. га располагается колония чернохвостой луговой собачки (*Cynomys ludovicianus*). Разнообразие видов птиц здесь очень высоко в значительной степени из-за наличия этой колонии, а также из-за мозаичности типов растительности (Ceballos et al., 2005; Manzano-Fischer et al., в печати). Среди наиболее обычных хищников в течение последнего года наблюдений на площадке круглый год отмечались краснохвостый канюк (*Buteo jamaicensis*), американская пустельга (*Falco sparverius*) и мексиканский сокол (*F.*

arid climate and a lack of very tall vegetation –presumably resulting in a lack of natural perches for raptors. In our survey areas vegetation types included Sonoran desert-scrub (in Baja California Sur and west-central Sonora) and pure grassland, mesquite (*Prosopis*) grassland (fig. 2), and mesquite shrubland (in northeastern Sonora and northwestern Chihuahua).

Our primary study area in northwestern Chihuahua measures 30 km x 20 km and is centered on a 30,000-ha black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) town complex just west of Janos and Casas Grandes (fig. 1). Local bird species diversity is high, due largely to the presence of the prairie dog complex, but also to the existing mosaic of vegetation types (Ceballos et al., 2005; Manzano-Fischer et al., in press). Among the most common raptors present year-round in the area are the Red-tailed Hawk (*Buteo jamaicensis*), American Kestrel (*Falco sparverius*), and Prairie Falcon (*F. mexicanus*). The Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) is represented by both year-round and wintering populations. The Ferruginous Hawk (*Buteo regalis*) is a common winter resident, while the Swainson's Hawk (*B. swainsoni*) is present as a breeding summer resident. Both the Ferruginous Hawk and the Golden Eagle are listed as conservation sensitive in Mexico (see Cartron et al., 2005).

The operational distribution voltage in northwestern Mexico is typically 34,500 Volts (or 34.5 kV) (Cartron et al., 2005). Outside towns and villages, poles are installed approximately every 100 m, and the most common concrete or wooden pole configuration is the three-phase tangent structure (figs. 3/1, 3/2 and 3/3). Among other pole configurations in northwestern Mexico is the double dead-end structure with double crossarms and exposed jumper wires, some or all of which are routed above the crossarms (fig. 3/4).

Methods

Most surveys entailed walking directly under the conductors and searching the ground for any bird remains near the base of a pole. Whenever remains were found, their location was recorded with a GPS hand-held unit, and an attempt was made to determine the cause of mortality. Singed feathers, entrance wounds (typically on the underwing), and other burn marks with detached legs or toes were all used to infer electrocution. The configuration of every pole along power-

Рис. 2. Травяные сообщества с мескитовыми деревьями в северо-восточной Соноре

Fig. 2. Mesquite grassland in northeastern Sonora



mexicanus). Ежегодно отмечались беркуты (*Aquila chrysaetos*), как осёдлые, так и зимующие, королевский канюк (*Buteo regalis*) – обычный зимующий вид и канюк Свенсона (*B. swainsoni*) – вид, размножающийся на исследуемой территории. Королевский канюк и беркут – это виды, охраняемые в Мексике (см. Cartron et al., 2005).

В северо-западной Мексике наиболее распространены ЛЭП напряжением 34 500 вольт (или 34,5 кВ) (Cartron et al., 2005). Вне городов и деревень опоры установлены приблизительно через каждые 100 м. Их наиболее обычная конструкция – бетонная или деревянная Т-образная опора с тремя фазами (рис. 3–1, 3–2, 3–3). Среди других конструкций опор встречаются Т-образные опоры с двойными траверсами и отпайкой на изоляторах, расположенных на вершине траверса (рис. 3–4).

Методы

В ходе пеших маршрутов было проведено обследование большинства ЛЭП для поиска останков птиц, лежащих под опорами. Координаты мест, где находились останки, фиксировались с помощью персонального спутникового навигатора (GPS), отмечалась конструкция опоры ЛЭП и предпринимались попытки установить причину смерти птиц. Опалённые перья, ожоги (в основном, на подкрыльях) и другие следы ожогов, преимущественно на лапах, являлись свидетельством смерти птиц от электрического тока. Подробнее методика исследования приводится в публикации Cartron et al. (2005, 2006).

Учёт и оценка смертности

На северо-западе Чихуахуа с января 1999 г. по март 2005 г. под опорами ЛЭП всего было найдено 454 мёртвые птицы (Cartron et al., 2000, 2005, 2006, неопубликованные данные; A. Lafon, личное сообщение). Практически во всех случаях (кроме нескольких) свежие трупы птиц имели явные внешние признаки гибели от электрического тока (рис. 4, 5). Случаи гибели были зафиксированы как на бетонных (в т.ч. имеющих ПЗУ), так и на деревянных опорах со стальными траверсами.

Всего было отмечено 16 видов погибших птиц, из них 14 видов пернатых хищников. Большинство (57%) мёртвых птиц были воронами, и, хотя обычный ворон (*Corvus corax*) также присутствует в северо-западной Чихуахуа (Manzano-Fischer et al. в печати), все мёртвые вороны были опреде-

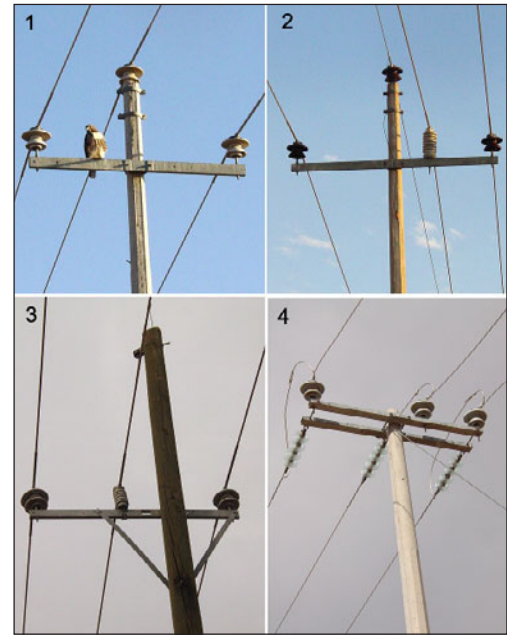


Рис. 3. Различные варианты птицепасных опор ЛЭП: 1. Краснохвостый канюк (*Buteo jamaicensis*) на Т-образной бетонной опоре с тремя изоляторами. 2. Т-образная бетонная опора с тремя токонесущими изоляторами на стальном траверсе и со статическим проводом с громоотводом на вершине опоры. 3. Деревянная опора со стальным траверсом. 4. Бетонная опора с двойными траверсами, несущими изоляторы с отпайкой на вершине. Фото Жан-Люк Е. Картрон

Fig. 3. Different types of electric poles dangerous for birds: 1. Red-tailed Hawk (*Buteo jamaicensis*) on electric poles. 2. Tangent concrete pole, with an overhead static wire attached on the pole top for lightning protection, and all 3 wires supported on the steel crossarm. 3. Wooden pole with a grounded steel crossarm. 4. Double dead-end concrete pole with exposed jumpers all routed above the steel double crossarms. Photos by Jean-Luc E. Cartron

lines was also recorded. Our survey methodology is detailed in Cartron et al. (2005, 2006).

Observed and estimated mortality

From January 1999 through March 2005, 454 dead birds were found under power poles in northwestern Chihuahua (Cartron et al., 2000, 2005, 2006, unpubl. data; A. Lafon, pers. comm.). In all but a few cases, fresh, complete carcasses presented external signs of electrocution (figs. 4, 5). Mortality was observed at both concrete and wooden poles with steel crossarms. Mortality was noted also at retrofitted concrete poles.

The dead birds belonged to a total of 16 (14 raptor) species. Most (57%) dead birds were ravens, and although the Common Raven (*Corvus corax*) is present in northwestern Chihuahua (Manzano-Fischer et al. in

лены как чихуахуанские вороны (*Corvus cryptoleucus*). За исключением 3 больших голубых цапель (*Ardea herodias*), все остальные обнаруженные мёртвые птицы были хищниками, и среди них доминировал краснохвостый канюк (рис. 6). Также часто встречались беркуты и королевские канюки. В течение последнего года исследований впервые были зарегистрированы канюк Харриса (*Parabuteo unicinctus*) и сапсан (*Falco peregrinus*) (рис. 6) (Cartron et al., неопубликованные данные).

Из всех 454 обнаруженных трупов, 423 (93 %) были обнаружены на учётной площадке на северо-западе Чихуахуа. В период с декабря 2000 г. по ноябрь 2001 г. на данной территории исследования проводились ежемесячно, и было найдено 178 (39%) трупов (Cartron et al., 2005). Другие 95 (21%) были найдены с мая 2005 г. по март 2006 г., когда наблюдения проводились также ежемесячно или раз в два месяца (Cartron et al., неопубликованные данные; A. Lafon, личное сообщение). В 2003–2004 гг. исследования на учётной площадке практически не проводились, и в течение этих 2-х лет было найдено только 30 погибших птиц, 25 из которых обнаружил А. Ляфон (A. Lafon, личное сообщение). Таким образом, 423 мертвые птицы, найденные на учётной площадке, вероятно, представляли только часть реальной смертности птиц.

По нашим оценкам смертность птиц в период с 1999 по 2005 гг. составила как минимум 997 птиц (из которых 40–50 % составляют пернатые хищники). Эта оценка основана на ежегодной смертности за 1999–2002 гг. и сравнима с нашими наблюдениями в период с декабря 2000 по ноябрь 2001 г. В 2003 г. птицепопасная ЛЭП с высокой смертностью птиц была частично оснащена ПЗУ, и число погибших от поражения электротоком птиц на ней уменьшилось. Таким образом, на учётной площадке гибель птиц от электрического тока с 2003 по 2005 г., возможно, более сопоставима со смертностью, наблюдаемой в 2005–2006 гг. Поскольку оценка в 997 погибших на ЛЭП птиц за 7-ми летний период не учитывает трупы, которые исчезли до их обнаружения (были утилизированы падальщиками), вероятно, фактическая смертность в 1999 – 2005 гг. была намного выше.

Наблюдаемая смертность в течение 2000–2001 гг. исследований на учётной площадке составила в среднем 15,36 особей/10 км ЛЭП. Хотя многие из птиц гибли на ЛЭП, проходящих через колонии луговой собачки, самая высокая смертность отмечалась на

press), all dead ravens identified to species were Chihuahuan Ravens (*Corvus cryptoleucus*). Except for 3 Great-blue Herons (*Ardea herodias*), all other dead birds were raptors, and among them the Red-tailed Hawk was the species most frequently identified (fig. 6). Other dead raptors often detected included the Golden Eagle and the Ferruginous Hawk. Two species were recorded for the first time during the last survey year, the Harris's Hawk (*Parabuteo unicinctus*) and the Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) (fig. 6) (Cartron et al., unpubl. data).

Of the total 454 detected carcasses, 423 (93%) were discovered in the primary study area in northwestern Chihuahua. In particular, 178 (39%) were discovered in the primary study area from December 2000 through November 2001, at a time when surveys were conducted monthly (Cartron et al., 2005). Another 95 (21%) dead birds were discovered between May 2005 and March 2006, when surveys were again monthly or bimonthly (Cartron et al., unpubl. data; A. Lafon, pers. comm.). In contrast, survey coverage in the primary study area was reduced in 2003 and 2004, and during

Рис. 4. Погибший на ЛЭП краснохвостый канюк (*Buteo jamaicensis*) с обгоревшими маховыми, ввешенный на заборе владельцем ранчо. Фото Жан-Люк Е. Картрон

Fig. 4. Dead Red-tailed Hawk (*Buteo jamaicensis*) draped over a fence presumably by a local rancher, about 10 m from the base of a concrete pole (not shown on photo). Note the extensive amount of singeing on the wings. Photo by Jean-Luc E. Cartron





Рис. 5. Погибший канюк Харриса (*Parabuteo unicinctus*) с обширным ожогом в области хвоста. Фото Жан-Люк Е. Картрон

Fig. 5. Dead Harris's Hawk (*Parabuteo unicinctus*). Note the extensive amount of singeing on the tail feathers. Photo by Jean-Luc E. Cartron

ЛЭП, пересекающих территории с низкорослыми зарослями эфедры, где луговой собачки нет (1 мёртвая птица на каждые 2 опоры ЛЭП в течение года) (Cartron et al., 2005). Большинство опор, под которыми были обнаружены мёртвые птицы, были Т-образными. Однако наблюдаемая смертность птиц на Т-образных опорах с двойными траверсами и изоляторами с отпайкой на вершинах (рис. 3–4) была приблизительно в 4 раза выше по сравнению с простыми Т-образными (Cartron et al., 2005).

За пределами учётной площадки исследования велись ограничено: большинство ЛЭП посещалось однократно. Из 30 найденных мёртвых птиц 13 (43 %) были краснохвостые канюки, 9 – вороны, 2 – виргинские филины (*Bubo virginianus*), 1 – мексиканский сокол (*Falco mexicanus*), 1 – большая голубая цапля и 4 неопознанных хищника. По результатам поверхностных осмотров 731 бетонной опоры со стальными траверсами, проводимых ежемесячно в ходе автомобильных маршрутов, учтённая смертность птиц в течение года составила около 1,57 особей/10 км ЛЭП вдоль двух шоссе (J.-L. Cartron, неопубликованные данные).

В штате Южная Нижняя Калифорния мы провели одноразовые осмотры ЛЭП с бетонными опорами и стальными траверсами ($n = 608$) и обнаружили только 1 ворона (Cartron et al., 2006), но позже был найден погибший краснохвостый канюк.

В штате Сонора исследования проводились на двух территориях. На северо-востоке Соноры в общей сложности было найдено 10 мёртвых птиц в ходе одноразовых посещений трёх ЛЭП в октябре 2002 г. (Cartron et al., 2006). Семь из этих 10 птиц были воронами, которые обнаружены на участке ЛЭП с 94 бетонными опорами. В западной и центральной Соноре найдены

those 2 years only 30 dead birds were found, 25 of them by another investigator (A. Lafon, pers. comm.). Thus, the 423 dead birds found in the primary study area likely represented only a fraction of actual mortality. If surveys had always been conducted monthly, we estimate observed local mortality between 1999 and 2005 would have been a minimum of 997 birds (with approximately 40–50% of this estimate representing raptor mortality). That estimate is based on annual mortality during 1999–2002 being comparable to that observed during our surveys between December 2000 and November 2001. In 2003 a power line with previously high mortality was partially retrofitted, and the numbers of electrocuted birds found along that power-line decreased. Thus, the incidence of bird electrocutions in the primary study area from 2003 through 2005 might have been more comparable to mortality observed during 2005–2006 surveys. Because the estimate of 997 electrocuted birds within the 7-year period does not take into consideration carcasses that disappeared before detection (scavenger and searcher biases), it is likely actual mortality from 1999 through 2005 was (much) higher.

Observed mortality during the 2000–2001 survey period averaged 15.36 dead birds / 10 km of power-lines in the primary study area. Although many of the dead birds were along power-lines in prairie dog towns, the highest incidence of bird mortality was along a power-line crossing a low *Ephedra* shrubland without prairie dogs (1 dead bird for every 2 poles over the course of 1 year) (Cartron et al., 2005). Most of the poles with detected dead birds were tangent poles. However, the observed incidence of bird mortality per pole was approximately 4 times higher for double dead-end poles with double cross-arms (fig. 3/4) compared to the tangent configuration (Cartron et al., 2005).

Outside the primary area, survey coverage was very limited, and most power-lines were surveyed only once. Of 30 dead birds found, 13 (43%) were Red-tailed Hawks, with also 9 ravens, 2 Great-horned Owls (*Bubo virginianus*), 1 Prairie Falcon (*Falco mexicanus*), 1 Great Blue Heron, and 4 unidentified other raptors. Based on cursory inspections of 731 concrete poles with steel crossarms conducted monthly from a moving car (while driving to and from our primary study area), observed mortality over the course of 1 year amounted to an ap-

5 мёртвых птиц под 5-ю из 23-х Т-образных опор с двойными траверсами. Другие опоры с деревянными траверсами, которые были оборудованы ПЗУ, не были проверены. В апреле 2006 г. эта ЛЭП была снова осмотрена. На простых Т-образных опорах проведена замена стальных траверс с изоляторами на вершинах, на траверсы с подвесными изоляторами, но опоры с двойными траверсами остались без изменений. В ходе повторного посещения ЛЭП были обнаружены трупы трёх грифов-индеек (*Cathartes aura*): 1 – под опорой с двойными траверсами и 2 – под переоборудованными опорами.

Полная оценка воздействия бетонных опор и заземлённых траверс

Спустя семь лет после первых сообщений о гибели птиц в результате поражения электротоком на ЛЭП в Мексике, у нас все ещё очень мало информации о влиянии конкретных ЛЭП и типов траверс. Небольшую информацию по смертности птиц предоставляет Федеральная Комиссия по электросетям, но финансирования для проведения широкомасштабных независимых исследований недостаточно.

Большая часть наших исследований была ориентирована на определение всех факторов, которые приводят к гибели птиц от электрического тока в Северной Мексике. Использование токопроводящего материала для опор и траверс является проблемой, но также недостаточно разделения фазы и траверсы изолятором и разделения фаз. Наши данные по гибели от поражения электротоком на ЛЭП пяти американских пустельг и болотной совы (*Asio flammeus*) предполагают, что мелкие птицы также подвергаются риску. Существует возможность, что некоторые птицы гибнут в результате образования вольтовой дуги, которая образуется на расстоянии и увеличивается при увеличении напряжения. При 34,5 кВ образование дуги может произойти в пределах 10 см от проводника (S. Frazier 2006, личное сообщение). Электромагнитные волны могут увеличивать это расстояние. Область исследований лежит на территории с высоким уровнем атмосферного электричества (40 – 50 дней с грозами ежегодно), и молнии могут ударять в металлические траверсы, проходя через опору, или в другие заземлённые конструкции. В северо-западной Чихуахуа нередко используются громоотводы, но

proximate ratio of 1.57 dead birds for every 10 km of power-line along 2 highways (J-L Cartron, unpubl. data).

In Baja California Sur, we conducted one-time surveys of all power-lines with concrete poles fitted with steel crossarms. Baja California was found to have fewer ($n = 608$) concrete poles than Chihuahua. We detected only 1 electrocuted Common Raven during the surveys (Cartron et al., 2006), but a Red-tailed Hawk was later found under a concrete pole. In Sonora, surveys were conducted in 2 areas of the state, both of which had numerous concrete poles. In northeastern Sonora, a total of 10 dead birds were found during one-time surveys along 3 power-lines in October 2002 (Cartron et al., 2006). Seven of the 10 birds were ravens along a stretch of power-line with only 94 concrete poles. In west-central Sonora, 5 dead birds were found along 5 of 23 double dead-end poles. The other poles, which had been retrofitted with wooden crossarms, were not checked at that time. In April 2006, the line was again inspected. Steel crossarms had been reinstalled on tangent poles, but the conductors were now routed under the crossarms. No correction had been made at the double dead-end poles. Three dead Turkey Vultures (*Cathartes aura*) were found during the survey, 1 at a double deadend pole, but also 2 at the newly retrofitted tangent poles.

Overall assessment of the impact of concrete poles and grounded crossarms

Seven years after the first reports of electrocuted birds in Mexico, there is still very little information available on the impact of concrete power poles and grounded crossarms on birds in Mexico. Little mortality information has been made accessible by CFE, and funding is lacking for independent research to be conducted on a large scale.

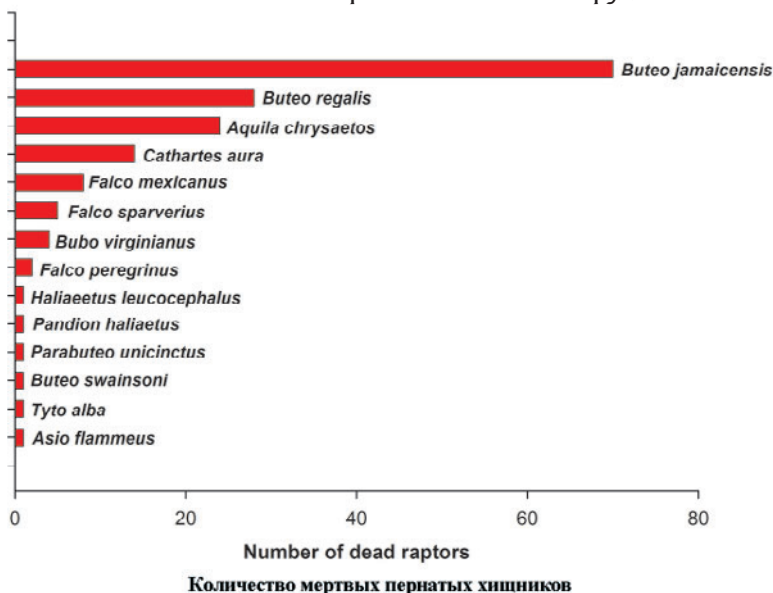
Much of our research has been geared toward identifying all the factors that may contribute to a high incidence of bird electrocutions in northern Mexico. Use of conductive material for poles and crossarms is problematic, but insufficient pole-to-phase and phase-to-phase separation as well as exposed hardware further compound the problem. Our findings of 5 American Kestrels and 1 Short-eared Owl (*Asio flammeus*) among electrocuted rap-

при их распределении вдоль ЛЭП, видимо, руководствовались задачей не предотвращения, а лишь регулирования пробоев (т.е. пробои допустимы, но только там, где установлено менее ценное оборудование).

Площадь Мексики – 1 970 000 км², что в 3 283 раз больше нашей учётной площадки. Простая экстраполяция минимальной оценки смертности на площадке для всей территории страны некорректна: большая часть Мексики остается малоосвоенной, и ЛЭП протянулись лишь вдоль главных автотрасс. На юге растительность переходит в тропическую, и появляются высокие деревья, которые могут служить естественными присадами, что, вероятно, уменьшает использование хищниками и воронами опор ЛЭП. Кроме того, изобилие колоний луговой собачки близ Ханоса обуславливает высокую концентрацию хищных птиц и воронов и, соответственно, их высокую смертность на ЛЭП (Manzano-Fischer et al., в печати). В удалении от колоний луговой собачки наблюдаемая смертность вдоль двух мексиканских шоссе была в 10 раз меньше, чем на учётной площадке. Тем не менее, даже этот уровень смертности отнюдь не может считаться незначительным, если представить его в масштабах страны. Вдобавок, исследования в Соноре указывают на постоянное существование и других районов с повышенной смертностью, помимо колоний луговой собачки в районе Ханос – Касас Грандес, обусловленной повышенной плотностью пернатых хищников.

Птицезащитные мероприятия и их недостатки

По крайней мере с 2000 г. CFE стала вести широкомасштабное оборудование ЛЭП



tors suggest that even smaller birds are at risk. The possibility exists that some birds are electrocuted through arcing, which occurs over distances that increase with increasing voltage. At 34.5 kV, arcing may occur within 10 cm of a conductor (S. Frazier 2006, pers. comm.). Surges can increase that distance. The primary study area is in a region with a high isokeraunic level (i.e., 40 to 50 thunderstorm days per year), and lightning strikes create voltage surges that may lead to flashovers as the surges seek a pathway to the ground. Lightning flashovers can occur on grounded crossarms, down poles, or through any grounded equipment. Surge arresters are commonly used in northwestern Chihuahua but their spacing along power lines likely manages rather than eliminates all flashovers (i.e., allows flashovers only where equipment is less expensive). This assumption is supported by the high number of shattered pin insulators seen on the ground throughout the primary study area.

Mexico has a territory of 1,970,000 km², or 3,283 times the size of the primary study area. Simply extrapolating from our minimum mortality estimate for the study area to the entire country is not realistic. Much of Mexico is still undeveloped, with power-lines only along or near main highways. Southward, the vegetation becomes tropical, and trees can serve as tall, natural perches, likely reducing use of power-poles by raptors and ravens. Further, the Janos prairie dog complex likely experiences a particularly high incidence of bird electrocutions due to high local abundance of ravens and raptors (Manzano-Fischer et al., in press). Away from the prairie dog complex, observed mortality along 2 Mexican highways was 10 times less than in the primary study area. Nonetheless, that level of mortality is far from negligible if representative of mortality on a large scale. Additionally, the surveys in Sonora suggest strongly the existence of additional hotspots (i.e., areas with very high mortality) besides the Janos-Casas Grandes prairie dog complex, and more can be ex-

Рис. 6. Диаграмма смертности разных видов пернатых хищников в Чихуахуа с января 1999 г. по март 2006 г. Хищники, не определенные до вида, исключены

Fig. 6. Breakdown of raptor mortality by species in Chihuahua, January 1999 through March 2006. Raptors not identified to species are excluded

ПЗУ. Птицезащитные мероприятия в Чихуахуа и Соноре состояли главным образом из замены траверс на бетонных опорах. Реже на траверсы устанавливались пластмассовые шипы, отпугивающие птиц (рис. 7–1). CFE также использовали поливинилхлорид (ПВХ) для изоляции траверс (рис. 7–2) или проводов, находящихся под напряжением. На последнем этапе наших исследований (которые всё ещё продолжаются) мы проводили мониторинг ЛЭП с ПЗУ, для оценки эффективности птицезащитных мероприятий и прочности материалов. Априори оценивались усилия CFE по защите птиц на ЛЭП, исходя из следующих факторов: 1) ПВХ, как известно, разрушается под воздействием ультрафиолетового излучения и, таким образом, недолговечен; 2) покрытие ПВХ вокруг проводов обеспечивает только частичную изоляцию; 3) ПЗУ в виде деревянных траверс и ПВХ-изоляции часто никак не решают проблему недостаточного разделения опоры и фазы, а также фаз между собой.

Начальный мониторинг показал, что эффективность ПЗУ неоднозначна. Мёртвые птицы были обнаружены на опорах с отпугивающими шипами и деревянными траверсами (Cartron et al. неопубликованные данные). В некоторых случаях опоры с деревянными траверсами имели отпайку или недостаточное разделение фаз. ПВХ-изоляция и пластмассовые шипы разрушились и отвалились с нескольких опор в течение нескольких месяцев после их установки.

Перспективы и рекомендации

В Мексике, как во многих других развивающихся странах, развитие инфраструктуры производства, передачи и распределения электричества по всей стране является приоритетом правительства. Проблемы взаимодействия между птицами и инфраструктурой ЛЭП растут, в то время как финансирование охраны природы крайне ограничено. Пока экономические потери остаются незначительными, в первую очередь предпринимаются наиболее простые и наименее затратные меры, а не те, которые наиболее необходимы для защиты птиц. Тем временем CFE, декларируя своё беспокойство состоянием окружающей среды, всё же продолжает строить новые птицепасные ЛЭП по всей стране. Только когда взаимодействие между птицами и ЛЭП приводит к экономическим потерям (например, повреждение оптических волокон из-за фекального загрязнения) сле-

pected where raptors and ravens occur in high density (e.g., other areas of northern Mexico with prairie dog complexes).

Status of retrofitting efforts and associated limitations

Since at least 2000, CFE has been retrofitting power-lines on a large scale. Retrofitting efforts in Chihuahua and Sonora have consisted mainly of replacing the steel crossarms on concrete poles with wooden crossarms. Less often plastic bird spikes have been attached on crossarms (fig. 7/1). CFE has also used polyvinyl chloride (PVC) around steel crossarms (fig. 7/2) or around energized wires. In the latest phase of our research (still in progress), we have been monitoring retrofitted lines to evaluate the effectiveness of retrofitting techniques and material durability. A-priori concern about CFE's retrofitting effort stems from the following factors: 1) PVC is known to break down under the effect of UV radiations and thus does not last; 2) PVC cover around energized wires provides only partial insulation; 3) retrofitting with wooden arms and PVC often ignores the remaining issue of insufficient pole-to-phase and phase-to-phase separation.

Initial monitoring indicates the effectiveness of retrofitting efforts has been mixed. Dead birds have been detected at poles retrofitted with bird spikes and wooden crossarms (Cartron et al. unpubl. data). In some cases poles retrofitted with wooden crossarms still have exposed jumpers or insufficient phase separation. PVC materials and plastic bird spikes also have degraded and fallen off some poles, in a matter of months in the case of PVC.

Outlook and recommendations

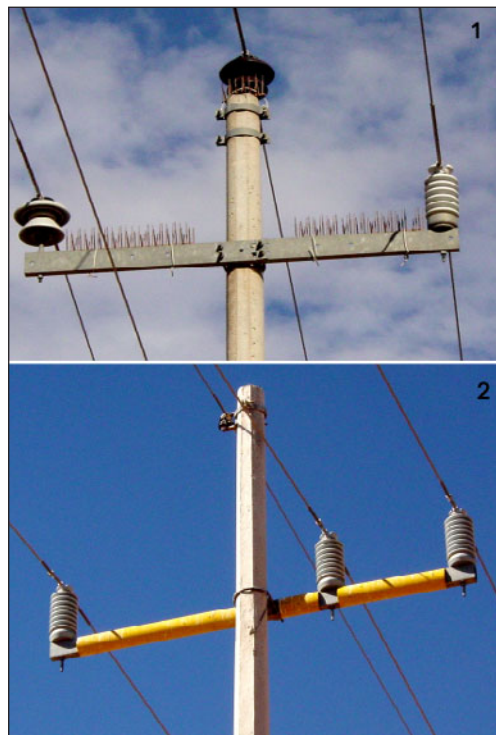
In Mexico, like in many other developing countries, increasing the infrastructure for the production, transmission, and distribution of electricity across the country is a priority of the government. Problems from the interaction between birds and the electric infrastructure are growing, while funding for wildlife conservation is very limited. As long as economic losses remain inconsequential, corrective measures tend to address only those problems easiest (most inexpensive) to solve rather than those most harmful to birds. Meanwhile, CFE publicizes its concern for the environment, yet continues to build new

дует ясный и быстрый ответ со стороны мексиканского правительства, направленный на изучение проблемы и поиск её решения.

В Мексике отсутствует традиция наблюдения птиц. В других странах наблюдение птиц и сами наблюдатели играют важную роль, оказывая большое давление на правительство и обслуживающие компании, чтобы уменьшить смертность птиц. В Мексике уже установлены меры, необходимые для сокращения уровня смертности птиц на ЛЭП (Instituto Nacional de Ecología et al. 2002). Технически проблемы с ЛЭП в Мексике могут быть решены, однако реально-

Рис. 7. Различные варианты ПЗУ: 1. Пластмассовые шипы, крепящиеся на стальной траверс птицеподопасной ЛЭП, для отпугивания птиц. 2. Кожухи из ПВХ, установленные на стальные траверсы опор ЛЭП, на северо-востоке Сонора. Фото Жан-Люк Е. Картрон

Fig. 7. Different types of retrofitting constructions: 1. Tangent concrete pole fitted with a steel crossarm. Retrofitting consisted of installing plastic bird spikes on the crossarm. 2. Tangent concrete pole retrofitted with polyvinyl chloride (PVC) in north-eastern Sonora. Photos by Jean-Luc E. Cartron



го прогресса не будет до тех пор, пока CFE и природоохранные ведомства не придут к консенсусу по этому вопросу.

Мы можем рекомендовать следующие:

Выявление и картирование «горячих точек» с повышенным уровнем смертности птиц на ЛЭП от поражения электрошоком, сравнимых с колониями луговой собачки близ г. Ханос.

Выявление и картирование территорий, где угрозе гибели от электрического тока на ЛЭП подвергаются птицы тех видов, которые требуют особого внимания (включённые в списки угрожаемых в Мексике или США).

Выявление и картирование потенциальных «горячих точек», основываясь на анализе путей миграции, данных учётов, распределения ЛЭП, карт растительности и диаграмм атмосферного электричества.

lines with the same bird-threatening design across the country. Only when the interaction between birds and power lines results in economic losses (e.g., damaging of optic fibers due to faecal contamination) has there been a clear and rapid response on the part of the Mexican government to study the issue and seek solutions.

The lack of a bird-watching tradition in Mexico is regrettable. In other countries bird watching plays an important role, resulting in greater pressure on governments and utility companies to reduce bird mortality. In Mexico, measures needed to curb bird mortality along power lines have been identified (Instituto Nacional de Ecología et al. 2002). Technically, the problems with Mexico's power lines can all be remedied, but until CFE and wildlife authorities become truly committed to solving the issue, no real advance will be made. Ultimately, the solution to the conflicts between birds and power lines in Mexico depends on political will.

Some of our recommendations are as follows:

Locate (and map) «hotspots» or areas with an incidence of bird electrocutions comparable to that found in the Janos prairie dog complex area.

Locate (and map) areas where species of special concern (birds listed as endangered or threatened in Mexico or the U.S.) incur mortality by electrocutions on power poles.

Locate (and map) all areas with the potential to be hotspots based on migration routes, survey data, distribution of powerlines, vegetation maps, and isokeraunic charts.

Establish agreements with CFE to retrofit power lines in all identified hotspots.

Where no easy correcting measure exists, use materials and devices known to be effective and durable for precluding use of poles by raptors and other birds.

Acknowledgments

We thank Alberto Lafon for sharing with us some of his data; E. Marce and K. Peltzer for field assistance; and R. List and J. Pacheco for logistic support. Much of our research to date has been funded by the Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). We are grateful to I. Karyakin for giving us an opportunity to spread information regarding Mexico's experience with power-lines and bird electrocutions and A. Shestakova for translation of paper from english to russian.

Достижение соглашения с CFE по модифицированию птицепасных ЛЭП во всех выявленных горячих точках.

На территориях, где невозможно осуществить эффективные птицезащитные мероприятия, использовать эффективные и прочные материалы и устройства для отпугивания хищных и других птиц от опор ЛЭП.

Благодарности

Мы благодарны Альберто Ляфон за предоставленные данные; Е. Марсе и К. Пельтцер – за помощь в проведении полевых исследований; Р. Лист и Дж. Пачеко – за материально-техническую поддержку. Большая часть нашего исследования до настоящего времени финансировалась Комитетом Взаимодействия Птиц и ЛЭП (APLIC). Мы благодарны И. Карякину и А. Шестакову за предоставленную возможность распространить информацию о состоянии проблемы гибели птиц на ЛЭП в Мексике.

Literature cited

Adamec, M. Birds and power lines: status in the Slovak Republic. – *Raptors Worldwide; proceedings of the VI world conference on Birds of Prey and Owls*. Budapest, Hungary, 18–23 May 2003. Chancellor, R.D. and B.-U. Meyburg, eds. 2004. P. 417–421.

Bagyura, J., T. Szitta, I. Sandor, L. Vizslo, G. Firmanszky, B. Forgach, S. Boldogh, and I. Demeter. A review of measures taken against bird electrocution in Hungary. – *Raptors Worldwide; proceedings of the VI world conference on Birds of Prey and Owls*. Budapest, Hungary, 18–23 May 2003. Chancellor, R.D. and B.-U. Meyburg, eds. 2004. P. 423–428.

Cartron, J.-L.E., G.L. Garber, C. Finley, C. Rustay, R.P. Kellermueller, M.P. Day, P. Manzano Fisher, and S.H. Stoleson. Power pole casualties among raptors and ravens in northwestern Chihuahua, Mexico. *Western Birds*. 2000. № 31. P. 255–257.

Cartron, J.-L.E., R. Harness, R. Rogers, and P. Manzano. Impact of concrete power poles on raptors and ravens in northwestern Chihuahua. – *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. Cartron, J.-L. E., G. Ceballos, and R.S. Felger, eds. Oxford: Oxford University Press. 2005. P. 357–369.

Cartron, J.-L.E., R. Rodriguez-Estrella, R.C. Rogers, L.B. Rivera, and B. Granados. Raptor electrocutions in northwestern Mexico: A preliminary regional assessment of the impact of concrete power poles. – *Current Raptor Studies in Mexico*. Rodriguez E., R., ed. CIBNOR, La Paz, Mexico. 2006. P. 191–220.

Ceballos, G., R. List, J. Pacheco, P. Manzano-Fischer, G. Santos, and M. Royo. Prairie dogs, cattle, and crops: diversity and conservation of the grassland-shrubland habitat mosaic in north-

western Chihuahua. – *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. Cartron, J.-L.E., G. Ceballos, and R.S. Felger, eds. Oxford: Oxford University Press. 2005. P. 425–438.

Ferrer, M., and F. Hiraldo. Evaluation of management techniques for the Spanish Imperial Eagle. – *Wildlife Society Bulletin*. 1991. № 19. P. 436–442.

Ferrer, M. and G.F.E. Janss. eds. Birds and power lines; collision, electrocution and breeding. – Quercus. Madrid, Spain. 1999.

Haas, D. Endangerment of our large birds by electrocution – a documentation. – *Okologie der Vogel*. 1980. № 2. P. 7–57.

Harness, R.E., and K.R. Wilson. Electricity structures associated with raptor electrocutions in rural areas. – *Wildlife Society Bulletin*. 2001. № 29. P. 612–623.

Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, CONABIO-NABCI, Comisión Federal de Electricidad, Unidos para la Conservación, Instituto de Ecología-UNAM, National Fish and Wildlife Foundation, Agrupación Dodo A.C., and U.S. Fish and Wildlife Service-Sonoran Desert Joint Venture. Electrocutación de aves en líneas eléctricas en México: hacia un diagnóstico y perspectivas de solución. Instituto Nacional de Ecología, Mexico City. 2002.

<http://www.inec.gob.mx/publicaciones/new.consultaPublicacion.php>

Karyakin, I.V., and T.O. Barabashin. Dark holes in the raptor populations (electrocutions of birds of prey on power lines in the western Betpak-Dala), Kazakhstan. – *Raptors Conservation*. 2005 (4). P. 29–32.

LaRoe, E.T., G.S. Farris, C.E. Puckett, P.D. Doran, and M.J. Mac (eds.). Our living resources: a report to the Nation on the distribution, abundance and health of U.S. plants, animals and ecosystems. National Biological Service, U.S. Department of Interior, Washington, D.C.

Ledger, J.A., and H.J. Annegarn. Electrocutation hazards to the Cape vulture *Gyps coprotheres* in South Africa. – *Biological Conservation*, 1981. № 20. P. 15–24.

Manzano-Fischer, P., G. Ceballos, R. List, and J.-L.E. Cartron. In press. Avian diversity in a priority area for conservation in North America: the Janos – Casas Grandes Prairie Dog Complex and adjacent habitats in northwestern Mexico. – *Biodiversity and Conservation*.

Markus, M.B. Mortality of vultures caused by electrocution. – *Nature*. 1972. № 238. P. 228.

Matsina, A.I. The estimation and prediction of killed raptors by electrocutions on the power lines in the Nizhniy Novgorod District (forest and forest-steppe zones of the center of the European part of Russia). – *Raptors Conservation*. 2005 (2). P. 33–41.

Pestov, M.V. The problem of raptors electrocutions «raptors and powerlines» in Russia. – *Raptors Conservation*. 2005 (4): 11–13.

Stoychev, S., and T. Karafeisov. Power line design and raptor protection in Bulgaria – *Raptors Worldwide; proceedings of the VI world conference on Birds of Prey and Owls*. Budapest, Hungary, 18–23 May 2003. Chancellor, R.D. and B.-U. Meyburg, eds. 2004 P. 443–447.