Raptor Conservation

ОХРАНА ПЕРНАТЫХ ХИЩНИКОВ

Loss of the Bird Diverter Efficiency at a Medium Voltage Overhead Power Line – Example of the Aktobe Region (Republic of Kazakhstan)

ПРИМЕР ПОТЕРИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПТИЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ НА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Pestov M.V. (Dront Ecological Center, Nizhny Novgorod, Russia)

Diterich T. (NABU – Nature And Biodiversity Conservation Union, Germany)

Nurmukhambetov Zh.E. (Ustyurt National Biosphere Reserve, Zhanaozen, Kazakhstan)

Ongarbayev N.Kh. (Dostyk Advisory LLC, Nur-Sultan, Kazakhstan)

Matsyna A.I. (Dront Ecological Center, Nizhny Novgorod, Russia)

Denisov D.A. (Kerzhenskiy State Nature Reserve, Nizhny Novgorod, Russia)

Пестов М.В. (Экологический центр «Дронт», Нижний Новгород, Россия)

Дитерих Т. (NABU – Союз охраны природы Германии)

Нурмухамбетов Ж.Э. (Устыуртский государственный природный заповедник, Жанаозен, Казахстан)

Онгарбаев Н.Х. (ТОО «Достык Эдвайзори», Нур-Султан, Казахстан)

Мацына А.И. (Экологический центр «Дронт», Нижний Новгород, Россия)

Денисов Д.А. (Керженский государственный природный биосферный заповедник, Нижний Новгород, Россия)

Контакт:

Марк Пестов
Экологический центр
«Дронт»
Россия 603076
Нижний Новгород,
пр. Ленина, 44Б–52,
тел.: +7 904 913 87 53
vipera@dront.ru

Жаскайрат
Нурмухамбетов
Устыуртский
государственный
природный заповедник
Казахстан 130200
Мангистауская обл.
Жанаозен
zhaskairat-84@mail.ru

Нурлан Онгарбаев
ТОО «Достык Эдвайзо-
ри», Казахстан,
Нур-Султан
тел.: +7701757 00 51
nongarbayev@
dostykadvisory.com

Резюме

В сообщении приводятся результаты обследования 46-километрового участка воздушной линии электропередачи (ВЛЭ) электрохимической защиты магистрального газопровода «Бухара – Урал» на территории Актюбинской области Республики Казахстан. На 7-ми километрах данного участка ранее были установлены птицевежные устройства (ПЗУ), в настоящее время полностью утраченные в результате разрушения крепежных элементов. При осмотре 46 км данной ВЛЭ установлен факт гибели 2 орлов (*Aquila sp.*), 1 обыкновенной пустельги (*Falco tinnunculus*), 1 чёрного коршуна (*Milvus migrans*) и 3 фламинго (*Phoenicopterus roseus*). Сделан вывод о необходимости обновления ПЗУ на данной ВЛЭ, а также о целесообразности отказа от использования вдольтрассовых ВЛЭ в пользу альтернативных вариантов, в т.ч., использования станций катодной защиты, запитанных от блочно-комплектных электростанций с автономными микротурбинными установками, примером которого является магистральный трубопровод «Бейнеу – Бозой – Шымкент».

Ключевые слова: хищные птицы, пернатые хищники, воздушная линия электропередачи, поражение электрическим током, птицевежные устройства, станции катодной защиты, автономные микротурбинные установки, Актюбинская область, Казахстан.

Поступила в редакцию: 12.12.2021 г. **Принята к публикации:** 19.12.2021 г.

Abstract

This report presents the results of survey of a 46-kilometer section of the overhead line (OHL) powering the cathodic protection of the Bukhara – Ural Gas Pipeline within the Aktobe Region of the Republic of Kazakhstan. 7 kilometers of this section were previously equipped with bird protection devices (BPDs), which are now totally lost due to destruction of their fastening elements. Inspection of the 46-km section of this OHL has revealed deaths of 2 eagles (*Aquila sp.*), 1 Common Kestrel (*Falco tinnunculus*), 1 Black Kite (*Milvus migrans*), and 3 Greater Flamingos (*Phoenicopterus roseus*). The conclusion was made that the BPDs of this OHL needed renewal. It was also concluded that instead of OHLs laid along the pipeline route it was advisable to consider other options, including stations of cathodic protection fed from modular-packaged electrical power plants with self-contained micro-turbine units, such as used at the Beineu – Bozoy – Shymkent Gas Pipeline.

Keywords: raptors, birds of prey, overhead power line, electrocution, bird protection devices, cathodic protection stations, self-contained micro-turbine units, Aktobe Region, Kazakhstan.

Received: 12/12/2021. **Accepted:** 19/12/2021.

DOI: 10.19074/1814-8654-2021-43-11-17

Александр Мацына
Экологический центр
«Дронт»
Россия 603000
Нижний Новгород
а/я 631
mai-68@mail.ru

Дмитрий Денисов
Керженский
государственный
природный
биосферный
заповедник
Россия 603001
Нижний Новгород
ул. Рождественская, д. 23
midzhajj@gmail.com

Contact:

Mark Pestov
Dront Ecological Center
av. Lenina, 44B-52
Nizhny Novgorod
Russia 603076
tel.: +7 904 913 87 53
vipera@dront.ru

Til Diterich
NABU – Nature and
Biodiversity Conservation
Union
Kurze Str. 9, 17498
Alt Ungnade, Germany
tel.: +49 3834 318500
til.diterich@nabu.de,
til.diterich@web.de

Zhaskayrat
Nurmukhambetov
Ustyurt National
Biosphere Reserve
Zhanaozen
Mangystau Region
Kazakhstan 130200
zhaskairat-84@mail.ru

Nurlan Ongarbayev
Dostyk Advisory LLC
Nur-Sultan, Kazakhstan
tel.: +7 701 757 00 51
nongarbayev@
dostykadvisory.com

Рис. 1. Локализация участка воздушной линии электропередачи вдоль трубопровода «Бухара-Урал», обследованного 6 мая 2021 г. в окрестностях пос. Бозой.

Fig. 1. Localization of the OHL section (laid along the Bukhara – Ural Gas Pipeline) surveyed on the May 6, 2021 near the Bozoy settlement.

В ходе международной зоологической экспедиции, организованной Казахстанской ассоциацией сохранения биоразнообразия (АСБК) в рамках проекта по изучению и охране джейрана (*Gazella subgutturosa*) при поддержке программы IUCN Save Our Species, 6 мая 2021 г. нами на территории Шалкарского района Актыбинской области Республики Казахстан (РК) был обследован участок вдольтрассовой воздушной линии электропередачи (ВЛЭ) средней мощности (10 кВ) магистрального газопровода «Бухара – Урал», принадлежащего ООО «Актобе-КазТрансГаз». Данный участок трубопровода проходит вдоль восточного чинка плато Устюрт и западного берега бывшего Аральского моря. Протяжённость обследованного участка от пограничной заставы до посёлка Бозой составила около 46 км (рис. 1).

В ходе осмотра установлено, что изначально (вероятно, ещё во времена СССР) данная ВЛЭ была выполнена облегчёнными железобетонными опорами (см. Сельэнергопроект, 1986) с деревянными горизонтальными траверсами (рис. 2: 1–2). В дальнейшем часть опор были заменены на стандартные железобетонные опоры с металлическими горизонтальными траверсами (рис. 2: 3–4). Все траверсы – и деревянные, и металлические, оборудова-

The Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan (ACBK) has organized an international zoological expedition within the framework of the Goitered Gazelle (*Gazella subgutturosa*) study and conservation project supported by the IUCN Save Our Species program. On May 6, 2021 during the expedition, we have surveyed a section of a medium-voltage (10 kV) OHL laid along the route of the Bukhara – Ural Gas Pipeline owned by the Aktobe KazTransGaz LLC. The section is situated in Shalkar District within the Aktobe Region of the Republic of Kazakhstan (RK). The respective pipeline section is laid along the Ustyurt plateau's Eastern cliff (scarp) and the western shore of the former Aral Sea. The length of the inspected section from a border post to the Bozoy settlement was about 46 km (see fig. 1).

Inspection has revealed that initially (probably, in the Soviet period) this OHL was made of lightened concrete poles (see Selenergoпроект, 1986) with wooden horizontal crossarms (fig. 2: 1–2). Afterwards, some of the poles were replaced by standard concrete poles with metal horizontal crossarms (fig. 2: 3–4). All the crossarms – both wooden and metal – are equipped with pin insulators used to fasten bare wire conductors. Here, the most disadvantageous method was selected to fasten the insulators' swan-neck spindles to the "renewed" metal

Условные обозначения:

- ▲ начало маршрута / route beginning
- ▼ конец маршрута / route end
- МГ Бейнеу – Бозой – Шымкент / Beineu – Bozoy – Shymkent Gas Pipeline
- МГ Бухара – Урал / Bukhara – Ural Gas Pipeline
- ++ Участок ВЛЭ с ПЗУ / OHL section equipped with BPDs
- Государственная граница / State border
- Граница областей РК / Borders of the RoK regions

Contact:

Alexander Matsyna
Dront Ecological Center
Nizhny Novgorod, Russia
603000, P.O. box 631
mai-68@mail.ru

Dmitriy Denisov
Kerzhenskiy State Nature
Reserve
Rozhdestvenskaya str., 23
Nizhny Novgorod
Russia 603001
midzhajj@gmail.com

Рис. 2. Участок вдольтрассовой ВЛЭ средней мощности (10 кВ) магистрального газопровода «Бухара – Урал» на территории Шалкарского района Актюбинской области, выполненный облегчёнными железобетонными опорами с деревянными траверсами – 1 и 2, и участок этой же ВЛЭ, выполненный стандартными железобетонными опорами с металлическими траверсами – 3 и 4. Фото М. Пестова.

Fig. 2. Section of a medium-voltage (10 kV) OHL laid along the route of the Bukhara – Ural Gas Pipeline situated in Shalkar District within the Aктюбин Region. The section is made of lightened concrete poles with wooden crossarms – 1 and 2. Section of the same OHL is made of standard concrete poles with metal crossarms – 3 and 4. Photos by M. Pestov.

ны штыревыми изоляторами, к которым крепится неизолированный токонесущий провод. При этом на «обновлённых» металлических траверсах выбран наиболее неудачный способ закрепления крюков для фиксации изоляторов, в результате чего свободная часть металлического крюка поднята значительно выше уровня траверсы (рис. 2: 4). Такое расположение крюков изоляторов значительно увеличивает опасность ВЛЭ для птиц, т.к. площадь заземлённой конструкции электроустановки резко увеличивается (Мащина и др., 2011). Соотношение количества опор, оборудованных деревянными и металлическими траверсами, существенно отличается на различных отрезках данной ВЛЭ, вплоть до полного отсутствия одного из вариантов.

crossarms. As a result, the free parts of the metal spindles are significantly elevated above the crossarm level (fig. 2: 4). Such position of the insulator spindles significantly increases the hazard for birds posed by the OHL, since the area of the earthed installation structure grows dramatically (Matsyna et al., 2011). There are significant variations of shares of the poles equipped with wooden and metal crossarms at different sections of the considered OHL, to a full absence of one of the variants.

Inspecting this section, we have found bone and feather remains of an eagle that died in 2020 (its species is not determined), as well as bodies of an Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*), a Black Kite (*Milvus migrans*), and a Common Kestrel (*Falco tinnunculus*) that died in 2021 (fig. 3: 1–4) because of an electrocu-

При обследовании данного участка обнаружены костно-перьевые останки орла, погибшего в 2020 г. (вид не определён), а также трупы орла могильника (*Aquila heliaca*), чёрного коршуна (*Milvus migrans*) и обыкновенной пустельги (*Falco tinnunculus*), погибших в 2021 г. (рис. 3: 1–4) от поражения электрическим током. Показательно, что во всех случаях останки хищных птиц, погибших от поражения электрическим током, были обнаружены под обновлёнными опорами с металлическими траверсами. Кроме того, обнаружены костно-перьевые останки 3 фламинго (*Phoenicopterus roseus*) (рис. 3: 5), пострадавших от механического удара о провода, что в целом характерно для стайных птиц с недостаточно манёвренным полётом (Маловичко, 2012; Мацына и др., 2011).

Северная часть данного участка ВЛЭ протяжённостью около 7 км (рис. 1) ранее была оборудована полимерными птице-защитными устройствами (ПЗУ) для предотвращения гибели птиц от поражения электрическим током. В результате осмотра этой ВЛЭ обнаружено, что в настоящее время все установленные комплекты

It is characteristic that all the electrocuted raptors' remains were found under the renewed poles with metal crossarms. Moreover, there were found bone and feather remains of 3 Flamingos (*Phoenicopterus roseus*) (fig. 3: 5) injured by mechanical impacts against wires, which is generally characteristic for birds that are not sufficiently maneuverable in the flight (Malovichko, 2012; Matsyna et al., 2011).

The northern part of this OHL section about 7 km in length (fig. 1) was previously equipped with polymer BPDs to avoid electrocution of birds. Inspection has revealed that today all the installed BPDs are dismantled and do not provide protection, while their fragments lay around the poles or hang on wires (fig. 4: 1–2). Separate BPD components are intact, but their connecting elements are destroyed. The polymer ties used to fasten the BPD elements to the wire conductors proved to be the "weak link" within the BPD structure (fig. 4: 3). We have collected some fragments of the polymer ties having the following parameters: 4.2 mm in width and 1.0 mm in thickness. These parameters differ from that of the recommended fasteners coming within the BPDs significantly.

To clarify the circumstances and the time of the BPDs installation on this OHL, we have

Рис. 3. Птицы, погибшие от поражения электрическим током при контакте с опорой ВЛЭ 10 кВ магистрального газопровода «Бухара – Урал»: 1 – орёл-могильник (*Aquila heliaca*), 2 – чёрный коршун (*Milvus migrans*), 3 и 4 – обыкновенная пустельга (*Falco tinnunculus*). Костно-перьевые останки фламинго (*Phoenicopterus roseus*), погибшего от механических повреждений при ударе о провода ВЛЭ 10 кВ магистрального газопровода «Бухара–Урал» – 5. Фото М. Пестова.

Fig. 3. Birds electrocuted due to contact with a 10 kV-class OHL pole of the Bukhara – Ural Gas Pipeline: 1 – the Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*), 2 – the Black Kite (*Milvus migrans*), 3 and 4 – the Common Kestrel (*Falco tinnunculus*). Bone and feather remains of the Flamingo (*Phoenicopterus roseus*) that died because of mechanical impact against wires of a 10 kV-class OHL of the Bukhara – Ural Gas Pipeline – 5. Photos by M. Pestov.

Рис. 4. Фрагменты разрушенных ПЗУ на проводах (1) и под опорой (2) ВЛЭ 10 кВ магистрального газопровода «Бухара – Урал», и лопнувшая стяжка (хомут), ставшая причиной разрушения ПЗУ (3). Фото М. Пестова.

Fig. 4. Fragments of the destroyed BPDs on the wires (1) and under the pole (2) of a 10 kV-class OHL of the Bukhara – Ural Gas Pipeline, and broken tie, which caused a BPD destruction (3). Photos by M. Pestov.

ПЗУ разукomплектованы и не выполняют защитные функции, а их фрагменты лежат под столбами либо висят на проводах (рис. 4: 1–2). Отдельные компоненты ПЗУ не имеют повреждений, но соединяющие их элементы разрушены. «Слабым звеном» в конструкции ПЗУ оказались полимерные стяжки, использованные для крепления элементов ПЗУ к токонесущим проводам (рис. 4: 3). Собранные нами фрагменты полимерных стяжек имели следующие характеристики: ширина 4,2 мм, толщина 1,0 мм. Данные параметры существенно отличаются от рекомендуемых типов крепления, поставляемых в комплектах ПЗУ.

Так, например, согласно технической документации ООО «ИТС», разрывная нагрузка крепежных элементов ПЗУ должна составлять не менее 50 кг, что соответ-

ственно адресовано владельцу ОХЛ, т.е. Актобскому филиалу Центральной Азии, ЗАО. Ответ, подписанный первым заместителем директора Актобского филиала, сообщает, что этот участок ОХЛ был отремонтирован и оборудован БПД подрядчиком – ООО «Электрохимзашчита» – в 2010 г.

Таким образом, результаты обследования этого участка ОХЛ показывают, что за 11 лет после установки БПД их крепежные элементы были разрушены из-за климатических факторов (солнечная радиация и термические циклы). Следовательно, БПД полностью потеряли свои защитные способности. Очевидно, что особое внимание должно быть уделено качеству крепежных элементов установленных БПД, а также поврежденные БПД должны быть своевременно заменены на регулярной основе.

Проверенный 46-километровый участок 10 кВ-класс ОХЛ, проложенный по маршруту газопровода «Бухара – Урал» остается опасным для птиц и вызывает их гибель, в том числе из-за электроудара. Очевидно, что оптимальным решением проблемы гибели птиц на ОХЛ (включая гибель фламинго из-за механических ударов о провода) может быть полный отказ от ОХЛ и переход на другие варианты питания газопровода катодной защитой. Возможность и приоритетность такого подхода подтверждается альтернативным методом питания катодной защиты, используемым на газопроводе «Бейнеу – Бозой – Шымкент» принадлежащий ООО «Бейнеу-Шымкент Газ Пайплайн». Последний пересекает газопровод «Бухара – Урал» поперек вблизи пос. Бозой (рис. 1, 5).

Официальный ответ ООО «Бейнеу-Шымкент Газ Пайплайн» сообщает, что катодная защита газопровода обеспечивается катодными станциями (КС). Все КС участков газопровода питаются от модульных энергоустановок с самодостаточными микро-турбинами, произведенными компанией Capstone Green Energy Corporation (CGRN)¹⁶, США. Эта компания представляет себя как «Capstone Green Energy»; ее девиз – «Smarter Energy for a Cleaner Future». Ее авторизованным дистрибутором в РК является Synergy Astana LLP¹⁷.

Очевидно, что отказ от ОХЛ в питании катодной защиты газопроводов не только поможет сохранить биоразнообразие, но и существенно поможет в сохранении первоначального ландшафта. Это также позволит избежать множества технических проблем и финансовых затрат, связанных с проектированием, монтажом, эксплуатацией и ремонтом ОХЛ. Мы надеемся, что эта технология будет широко использоваться при строительстве новых газопроводов в будущем, и мы считаем необходимым активно продвигать такой опыт.

Рис. 5. Участок трубопровода «Бейнеу – Шымкент» (ТОО «Газопровод Бейнеу – Шымкент»), выполненного без использования ВЛЭ. Фото М. Пестова.

Fig. 5. Section of the Beineu – Bozoy – Shymkent Gas Pipeline (owned by the Beineu – Shymkent Gas Pipeline LLP) made without an OHL. Inscriptions on the information board: GAS PIPELINE BEINEU – SHYMKENT ___ km + m CATHODIC PROTECTION TEST POINT (TP) No.: ___ Type: PTP. Photos by M. Pestov.

ствует 490 Н¹⁴. Ширина хомутов-стяжек, рекомендуемая данным производителем ПЗУ, составляет не менее 8 мм и имеет заявленную прочность на разрыв не менее 530 Н (53 кг) для каждого крепёжного изделия. Таким образом, суммарная расчётная разрывная нагрузка на весь комплект ПЗУ, закреплённый с помощью 6 стяжек, должна быть не менее 300 кг. Как правило, такие стяжки изготавливаются из полиамида – относительно дорогостоящего и прочного материала. Устойчивость стяжек к ультрафиолетовому излучению обеспечивается за счёт введения в полиамид чёрного пигмента. Не допускается использование стяжек, изготовленных из вторичного сырья. Использование аналогичных стяжек нашло широкое применение в электротехнике и считается одним из наиболее надёжных способов фиксации изолирующих материалов при условии соответствия используемых крепёжных изделий расчётным нагрузкам. Даже если предположить, что при установке ПЗУ были использованы качественные стяжки указанного размера (ширина – 4,2 мм), их индивидуальная разрывная нагрузка не превышает 180 Н¹⁵, что примерно втрое ниже требуемой для надёжной фиксации ПЗУ.

Для выяснения обстоятельств и сроков установки ПЗУ на данной ВЛЭ нами было направлено официальное обращение организации-владельцу данной ВЛЭ – Управлению магистральных газопроводов «Актобе» акционерного общества «Интергаз Центральная Азия», в котором мы также

информировали владельца о выявленных фактах гибели птиц на данной ВЛЭ, в том числе относящихся к видам, занесённым в Красную книгу РК. Из полученного ответа за подписью первого заместителя директора УМГ «Актобе» следует, что на данном участке капитальный ремонт ВЛЭ и монтаж ПЗУ производился подрядной организацией ТОО «Электрохимзащита» в 2010 г. Согласно договору, подрядчиком устанавливались «устройства птицевзащитные полиэтиленовые (СТ ТОО 50315861-01-2008) ПЭ-ШС-10» от ТОО «Элрем Пласт». В 2021 году филиалом УМГ «Актобе» был заключён договор с подрядной организацией по ремонту данной ВЛЭ с заменой ПЗУ.

Таким образом, результаты проведённого обследования данного участка ВЛЭ показали, что за 11 лет, прошедших с момента установки ПЗУ, произошло разрушение крепёжных элементов в результате действия климатических факторов (солнечное излучение и перепады температур). Как следствие, ПЗУ полностью утратили свои защитные свойства. Очевидно, что при установке ПЗУ особое внимание должно быть уделено качеству крепёжных элементов, а замена неисправных ПЗУ должна проводиться оперативно в рабочем порядке.

Обследованный 46-километровый участок вдольтрассовой ВЛЭ 10 кВ магистрального газопровода «Бухара – Урал» по-прежнему остаётся опасным для птиц и является причиной их гибели, в том числе от поражения электрическим током. Очевидно, что оптимальным решением про-

¹⁴ <http://spzu.ru/index?i=44>

¹⁵ <http://fortisflex.ru/production>

блемы гибели птиц на данной ВЛЭ (в том числе фламинго, гибнувших от механических ударов о провода) мог бы стать полный отказ от использования ВЛЭ и переход на другие варианты обеспечения электрохимической защиты трубопровода. О возможности и приоритетности подобного подхода свидетельствует факт использования альтернативного (без использования ВЛЭ) варианта обеспечения электрохимической защиты трубопровода от коррозии на магистральном газопроводе «Бейнеу – Чимкент», принадлежащем ТОО «Газопровод Бейнеу – Шымкент», который пересекает МГ «Бухара – Урал» в районе пос. Бозой в широтном направлении (рис. 1, 5).

В официальном ответе на наш запрос руководству ТОО «Газопровод Бейнеу – Шымкент» сообщается, что электрохимзащита магистрального газопровода «Бейнеу – Бозой – Шымкент» обеспечивается станциями катодной защиты (СКЗ). Все СКЗ на линейной части данного магистрального газопровода запитаны от блочно-комплектных электростанций (далее БКЭС) с автономными микротурбинными установками Capstone C30/C65 производства Capstone Green Energy Corporation (CGRN)¹⁶ из США. Данная компания позиционирует себя как «Краеугольный Камень Зелёной Энергетики», её слоган: «Более разумная энергия для более чистого будущего». Официальный дистрибьютер на территории РК – ТОО «Synergy Astana»¹⁷.

Очевидно, что отказ от использования ВЛЭ для обеспечения электрохимзащиты магистральных трубопроводов не только способствует сохранению биоразнообразия и в значительной степени сохраняет первозданный ландшафт, но и позволяет избежать большого количества технических проблем и финансовых расходов, связанных с проектированием, строительством, эксплуатацией и ремонтом ВЛЭ. Мы надеемся, что в дальнейшем данная технология будет широко использоваться при строительстве новых трубопроводов и считаем необходимым активно пропагандировать подобный опыт.

Литература

Сельэнергопроект Минэнерго СССР, Ленинградское отделение. Конструкции железобетонных опор ВЛ 6–10 кВ для районов Западной Сибири (утверждено 10.04.1987 Миннефтепром). Альбомы 1–4. 1986. [Selenergoproekt of

the USSR Ministry of Energy, Leningrad branch. Designs of concrete poles for 6–10 kV OHLs for the Western Siberia regions (approved on 10/04/1987 by the Ministry of Oil Industry). Albums 1–4. 1986. (in Russian).] URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293832/4293832941.htm> Дата обращения: 01.12.2021.

Маловичко Л.В. Птицы и ЛЭП на Ставрополье. – Проблемы гибели птиц и орнитологическая безопасность на воздушных линиях электропередачи средней мощности: современный научный и практический опыт. Сборник статей: Материалы научно-практического семинара (10–11 ноября 2011 г., г. Ульяновск) / О.В. Бородин, И.В. Карякин, Э.Г. Николенко, А.В. Салтыков (ред.). Ульяновск: ООО «Стрежень», 2012. С. 136–143. [Malovichko L.V. Birds and power lines at the Stavropol region. – Problem of birds' death and ornithological safety on middle-voltage power lines: modern scientific and practical experience. Proceedings of the Scientific Workshop (Russia, Ulyanovsk, November 10–11, 2011) / O.V. Borodin, I.V. Karyakin, E.G. Nikolenko, A.V. Saltykov (Eds.). Ulyanovsk, 2012: 136–143. (in Russian).] URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/15477> Дата обращения: 01.12.2021.

Мацына А.И., Мацына Е.Л., Корольков М.А., Бадмаев В.Э., Бадмаев В.Б. Низкая эффективность «холостых» изоляторов, применяемых для защиты птиц на воздушных линиях электропередачи 6–10 кВ в республике Калмыкия, Россия. – Пернатые хищники и их охрана. 2012. № 24. С. 178–185 [Matsyna A.I., Matsyna E.L., Korolkov M.A., Badmaev V.E., Badmaev V.B. Inefficiency of False Insulators that are Used for Mitigating of the Overhead Power Lines 6–10 kV in the Republic of Kalmykia, Russia. – Raptors Conservation. 2012. 24: 178–185.] URL: <http://rrcn.ru/ru/archives/12359> Дата обращения: 01.12.2021.

Мацына А.И., Перевозов А.Г., Мацына А.А. Предварительная оценка птицепопасности воздушных линий электропередачи 6–10 кВ на территории Краснодарского края и Республики Адыгея. – Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: материалы XXIV Межресп. науч.-практ. конф. с междунар. участием / отв. ред. М.В. Нагалецкий. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2011. С. 75–85. [Matsyna A.I., Perevozov A.G., Matsyna A.A. Tentative Estimation of Birdhazard of Air-lines of the Electricity Transmission 6–10 kilovolts in Terrain of Krasnodarsky Kray and Republic Adygea. – Actual Problems of Ecology and Environmental Protection of Ecosystems of the Southern Regions of Russia and Adjacent Areas: Proceedings of the XXIV Inter-republic applied science conference with international participation / M.V. Nagalevsky (Ed.). Krasnodar: Kuban State University. 2011: 75–85. (in Russian).] URL: <https://dront.ru/wp-content/uploads/2017/03/Matsyna.pdf> Дата обращения: 01.12.2021.

¹⁶ <http://www.capstonegreenenergy.com>

¹⁷ <http://www.synergy.kz/catalog/mikroturbiny-capstone.php>