

УДК 591.5;675.087

СТОЛКНОВЕНИЯ САМОЛЕТОВ С ПТИЦАМИ ОТРЯДОВ СОКОЛООБРАЗНЫЕ И ЯСТРЕБООБРАЗНЫЕ

© 2023 г. О. Л. Силаева*, @, А. С. Педенко*

*ФГБУ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН),
Ленинский проспект, 33, Москва, 119071 Россия

@E-mail: silaeva.o@gmail.com

Поступила в редакцию 27.11.2022 г.

После доработки 27.01.2023 г.

Принята к публикации 30.01.2023 г.

Проанализированы статистические данные о столкновениях птиц из отрядов Соколообразных и Ястребообразных с воздушными судами. Основой анализа послужили экспертизы, выполненные в ИПЭЭ РАН. Рассмотрены причины и факторы, которые привлекают дневных хищных птиц на аэродромы. За период с 2005 до 2022 гг. выявлено 7 видов дневных хищных птиц, ставших участниками 29 столкновений с воздушными судами. В большинстве случаев участниками столкновений были обыкновенная пустельга и обыкновенный канюк. Наиболее часто инциденты происходят при взлёте и посадке самолета, причём при взлёте в 4.3 раза чаще, чем при посадке. Столкновения с дневными хищными птицами наносят повреждения преимущественно двигателю и крыльям самолета. Представлены рекомендации по управлению поведением дневных хищных птиц с целью минимизации случаев их столкновения с воздушными судами.

Ключевые слова: столкновения самолетов с птицами, дневные хищные птицы, идентификация вида после столкновения, структура пера

DOI: 10.31857/S1026347022601035, **EDN:** TPYTFH

Идентификация вида птицы, участвовавшей в столкновении с самолетом, чрезвычайно важна, так как позволяет определить биологические риски для конкретного аэродрома, принять адекватные меры по управлению поведением соответствующего вида птиц для сдерживания роста числа столкновений. Без определения вида невозможно определить и место столкновения. Определение видовой принадлежности птиц, не участвовавших в столкновении, или участвовавших, но не причинивших повреждений самолету, также целесообразно для прогнозирования возможных рисков столкновений с воздушными судами (ВС) в будущем. Вполне справедливо, что факт наличия вида на аэродроме квалифицируется в документе ИКАО как “опасное сближение” (Аэростандарт..., 2022). Определение видовой принадлежности необходимо и для конструирования защитных устройств для двигателей ВС, что особенно актуально в настоящее время, когда насущной проблемой становится создание новых отечественных типов авиационной техники.

С целью решения проблем аэродромной экологии, а именно защиты ВС от биоповреждений, вызываемых птицами и другими животными, а также выработки совместных предложений по предупреждению столкновений ВС с животными

в аэропортах в феврале 2020 года между Росавиацией и ИПЭЭ РАН заключено соглашение о сотрудничестве (Сайт Федерального агентства..., 2022). В рамках этого соглашения сотрудники Института проводят безоговорочные идентификационные исследования на основе перьевого материала; в этом случае анализируется материал и данные по столкновению, которое не привело к повреждениям.

В результате многолетнего сотрудничества ИПЭЭ РАН с ПАО “Аэрофлот – Российские авиалинии” значительно возросло число зарегистрированных инцидентов с идентификацией вида, по крайней мере, на маршрутах этой компании. Комплексные экспертизы проводятся в случае наличия биоповреждений ВС. Такие же исследования осуществляются для других российских авиакомпаний и аэропортов, но договоры с ними носят единичный характер. Комплексные исследования договорных работ включают молекулярно-генетический анализ, исследование структуры пера с целью определения вида, установления места инцидента, сведения по биологии вида, а также рекомендации по управлению поведением вида-участника столкновения.

Цель настоящего исследования – дать анализ данных о столкновениях птиц из отрядов Соколообразных и Ястребообразных с воздушными судами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источником информации, на основе которой проведено это исследование, были данные ИПЭЭ РАН, полученные в результате договорных экспертиз, а также выполненные в рамках сотрудничества с Росавиацией на бездоговорной основе за период с 2011 до 2022 г. включительно. Для определения видовой принадлежности хищных птиц, участвующих в столкновениях с воздушными судами, использовались методы молекулярно-генетического анализа (Силаева и др., 2020), методы определения структуры пера (макро- и микроморфология, совмещение тестируемых образцов с контрольными), биологического, географического и экологического анализа, а также методы электронной сканирующей и светоптической микроскопии (Силаева, 2019, Силаева и др., 2020; Силаева, Чернова, 2021). В случаях бездоговорных работ вид определяется исключительно по структуре пера/перьев (Силаева, 2019). Вид в этих случаях удается определить только при наличии показательных перьев, как правило, это маховые или рулевые перья или их фрагменты; по пуховым лучам пуховых боронок удается определить отряд или семейство.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общая статистика столкновений птиц из отрядов Соколообразные и Ястребообразные. Данные по столкновению птиц на рейсах гражданской авиации РФ приведены в табл. 1.

Дневные хищники участвуют во многих биоопасных ситуациях, в частности, они активно сталкиваются с ВС. По статистике Международного комитета по столкновениям с птицами (International Bird Strike Committee) (Thorpe, 2012) с 1912 по 2002 г. с Ястребообразными *Accipitriformes* произошло 47% от всех инцидентов. В 60-ые и 70-ые годы в мире зарегистрировано 112 столкновений с дневными хищными птицами от общего числа инцидентов – 729 (Якоби, 1974). Известны случаи нападения хищных птиц на самолеты. Это происходит, когда ВС приближается к токующей паре, находясь на той же высоте или немного ниже (Bruderer, 1978).

Территория аэродрома очень привлекательна и для этой группы птиц, в частности. От нагретой взлетно-посадочной полосы (ВПП) поднимаются теплые воздушные потоки, которые хищные птицы используют для парения, экономя свою энергию. На открытых безлюдных пространствах удобно охотиться. Самолет при взлете и посадке сбивает

множество крупных насекомых, которых поедают мелкие соколы. Пищедобывательное поведение хищных птиц основано на высматривании добычи с парящего полета, а также зависания на месте, последнее особенно характерно для пустельги, кобчика и канюка. Летающие кругами или зависающие на месте хищники, длительное время находящиеся в воздухе вблизи ВПП, представляют значительную угрозу для взлетающих и приземляющихся самолетов. Мелкие соколы используют также возможность поймать на ВПП ящерицу или землеройку, которые хорошо видны на гладком покрытии.

Черные коршуны, формирующие на пролете стаи, иногда насчитывающие сотни птиц, могут подолгу парить общей “каруселью”. Обычно такие скопления бывают у свалок и скотобоен, где птицы задерживаются. В Индии столкновения ВС с черным коршуном *Milvus migrans govinda* составляют 25%, а с бенгальским грифом *Gyps bengalensis* – 23% от общего числа инцидентов (Grubh, Satheesan, 1992). Пролетные птицы и, в частности, хищные используют территорию аэропорта и его ближайших окрестностей для кормежки или отдыха. И в то же время хищные птицы ястребы и соколы используются на аэродромах в качестве средства отпугивания мелких птиц от ВПП.

Важной составной частью работы наряду с идентификацией вида является установление географического места столкновения с птицей. Это необходимо не только для определения ответственности аэропорта, но и полного учета сведений в геоинформационной базе данных и в Единой базе учета и анализа данных о столкновениях с птицами. Географическое место столкновения напрямую связано с биологией вида. Анализируя данные по биологии вида, а также обстоятельствам столкновения, удается определить место инцидента. На основе биологических данных мы проводим эколого-географический анализ, включающий данные по фенологическому районированию вида, совмещаем эти данные с техническими сведениями, полученными из сообщений команды ВС (изменение технических параметров в работе двигателя, звук удара от столкновения, запах и т.д.) и сообщений сотрудников аэропортовых служб. На этой основе делаем вывод о географическом месте столкновения. При нехватке данных по обстоятельствам столкновения приходится прибегать к соотношению, указывающему в процентах вероятность столкновения в аэропорту взлета, посадки или на маршруте.

Приведем несколько примеров из Единой базы учета и анализа данных о столкновениях с птицами (табл. 1).

В случае № 2 после определения вида и подвида – черноухий коршун *Milvus migrans lineatus* – был сделан вывод, что столкновение произошло пред-

Таблица 1. Столкновения с Соколообразными и Ястребообразными на внутренних и зарубежных рейсах гражданской авиации РФ

№	Название вида	Дата	Маршрут	Этап полета	Повреждения ВС
1	Браминский коршун <i>Haliaeetus indus</i>	18.10.05	г. Пуна (Индия)	Взлет	Двигатель № 1
2	Черный коршун <i>Milvus migrans</i>	18.09.19	Иркутск – МАШ	Взлет	Вмятина на левом предкрылке
3	»	26.07.21	Оренбург – Анапа	Взлет	Без повреждений
4	Болотный лунь <i>Circus aeruginosus</i>	29.06.22	Санкт-Петербург – Москва	Взлет	Обтекатель РЛС
5	»	18.09.18	Мин. Воды – МАШ	Взлет	Без повреждений
6	»	03.03.19	г. Аликанте – МАШ	Взлет	Горизонтальный стабилизатор
7	»	18.05.21	Бухара – МАШ	Взлет	Без повреждений
8	Тетеревятник <i>Accipiter gentilis</i>	12.08.15	Иркутск – МАШ	Взлет	Двигатель № 2 и панель ВНА
9	Зимняк <i>Buteo lagopus</i>	01.05.22	ШРМ – Храброво	Посадка	Двигатель № 1
10	Курганник <i>Buteo rufinus</i>	13.06.19	МАШ – Бишкек	Посадка	Без повреждений
11	Обыкновенный канюк <i>Buteo buteo</i>	25.04.18	Ставрополь – МАШ	Взлет	Без повреждений
12	»	04.05.21	Пулково – МАШ	Посадка	ППД на фюзеляже, левый подкрылок, левый закрылок и левая ООШ
13	»	11.01.19	МАШ – Женева	Взлет	Двигатель № 1
14	»	20.10.21	Владивосток – МАШ	Взлет	Двигатель № 1, панель ВНА и левый закрылок
15	»	18.10.19	Лион – ШРМ	Взлет	Двигатель № 1
16	»	31.07.19	Дюссельдорф – МАШ	Взлет	Двигатель № 1
17	Сапсан <i>Falco peregrinus</i>	30.11.21	Дюссельдорф – МАШ	Взлет	Двигатель № 2
18	Чеглок <i>Falco subbuteo</i>	18.08.17	Ростов-на-Дону – МАШ	Взлет	Без повреждений
19	»	15.08.16	Хотилово – Внуково	Взлет	Двигатель № 1
20	»	28.09.22	Сочи - МАШ	Взлет	Обтекатель РЛС
21	Кобчик <i>Falco vespertinus</i>	14.05.08	Ганновер – МАШ	Взлет	Левый закрылок
22	Обыкновенная пустельга <i>Falco tinnunculus</i>	02.06.18	Южно-Сахалинск – МАШ	Не уст.	Без повреждений
23	»	08.08.19	МАШ – Нижнекамск	Не уст.	Без повреждений
24	»	10.04.18	МАШ – Сочи	Взлет	Двигатель № 1
25	»	20.07.18	Красноярск – МАШ	Взлет	Без повреждений
26	»	05.07.18	МАШ – Верона	Посадка	Двигатель № 1
27	»	21.04.12	Улан-Батор – МАШ	Посадка	Плоскость левого крыла
28	»	21.08.09	Милан – МАШ	Не уст.	Без повреждений
29	»	22.07.22	Калининград – МАШ	Взлет	Двигатель № 2

Примечание: место столкновения выделено жирным шрифтом; МАШ – а/п Шереметьево. РЛС – радиолокационная станция; ООШ – основная опора шасси; ВНА – входной направляющий аппарат двигателя; ППД – приемники полного давления.

положительно в окрестностях аэропорта г. Иркутск с двумя пролетными особями указанного подвида. Было учтено, что в середине сентября вид в Московской области встречается нерегулярно или в очень незначительных количествах. При этом сообщения команда ВС и сотрудников аэропортовых служб подтвердили наш вывод.

В случае № 6 было установлено, что инцидент произошел в аэропорту г. Аликанте. В марте в Московской области встречаемость болотного луня чрезвычайно мала. В Испании же популяция болотного луня оседлая. Кроме того, во время сезонных миграций и зимой здесь встречаются особи из более северных регионов Европы. На зимовке и во время пролета болотные луни могут быть встречены в любых открытых биотопах, но предпочитают придерживаться водно-болотных угодий с зарослями тростника. Аэропорт г. Аликанте находится всего в трех километрах от берега Средиземного моря. Возможно, болотный лунь держался в прибрежных водно-болотных угодьях. Вывод был частично подтвержден докладами аэропортовых служб г. Аликанте.

В случае № 14 столкновение произошло с пролетным или кочующим подвидом обыкновенного канюка. Подвид относится к восточной расе обыкновенного канюка *Buteo buteo japonicus*, который гнездится в России от бассейна правых притоков Енисея, Восточного Саяна, Хангая к востоку до тихоокеанского побережья, поэтому был сделан вывод, что инцидент мог произойти только в аэропорту вылета, то есть во Владивостоке.

В случае № 17 видом-участником биоповреждающей ситуации был сапсан. И в Подмоскovie, и в Германии сапсан очень редкий гнездящийся пролетный и пролетный вид. Но в Германии сейчас разработаны программы по разведению сапсанов в вольерах с последующим выпуском молодняка в дикую природу, нередко при этом выпущенные птицы постепенно переселяются в города. В бесснежных и малоснежных районах Западной Европы, к которым относится и Дюссельдорф, сапсан также нередко зимует. В Москве и Подмоскovie зимует очень редко. Последние пролетные птицы отмечаются в октябре. Кроме того, сапсан — дневной хищник, а посадка в аэропорту Шереметьево была в темное время суток. Мы учли все эти данные и сделали вывод о том, что инцидент произошел в аэропорту г. Дюссельдорфа, что пришлось признать и немецким коллегам.

Подобный инцидент (случай № 20) произошел в аэропорту г. Ганновер. Кобчик вполне обычен в Западной и Восточной Европе; в Московской области он встречается очень редко, находится под угрозой исчезновения и занесен в Красную книгу Московской области. Редкость и спорадичность распространения были характерны для вида и в прошлом, однако в последней четверти XX в. чис-

ленность подмосковной популяции еще более сократилась; ныне вид встречается в области единично. Так, по результатам проведенного за три года до этого эколого-орнитологического обследования территории аэропорта и прилегающей к нему 15 км зоны кобчик не был отмечен.

В случае № 23 столкновение произошло на летном поле аэропорта Шереметьево с пролетной обыкновенной пустельгой. Такой вывод был сделан на основе сообщения команды ВС и биологических данных распространения этого вида. При взлете в аэропорту Шереметьево команда наблюдала пролеты птиц вблизи ВС, а через две секунды после взлета отметила увеличение параметров вибрации. Обыкновенная пустельга — сравнительно немногочисленный гнездящийся и пролетный вид Подмоскovie, чаще всего встречающийся в открытых сельскохозяйственных ландшафтах, где есть опушки древесных насаждений, а также в пригородах и окраинных районах различных населенных пунктов, включая Москву. Птицы часто используют ВПП для высматривания добычи, отдыха и ночевки.

Серьезными последствиями закончился инцидент с обыкновенным канюком (случай № 13). При взлете\отрыве от ВПП 11.01.2019 в а/п Шереметьево птица атаковала самолет. В результате канюка засосало в левый двигатель, были повреждены две лопасти подпорной ступени внутреннего контура направляющего аппарата двигателя. В салоне появился запах гари; было принято решение о возврате в аэропорт вылета (вынужденная посадка). При этом, вид в Подмоскovie зимой встречается спорадически, его экологическую нишу занимает зимняк.

Анализ столкновений по видам. Из 29 случаев столкновений наибольшее количество пришлось на обыкновенную пустельгу — 10; затем следует канюки: обыкновенный канюк — 6; по одному случаю курганник и зимняк. Болотный лунь — 4 случая; три случая с челлоком, три столкновения с коршунами: два с черными и один — с браминским; по одному с тетеревиатником, сапсаном и кобчиком.

Анализ столкновений по этапам полета, части ВС, подвергшейся удару и времени года. Частотность столкновений при взлете наибольшая, что чревато и наибольшими последствиями — самолет при взлете тяжелый, в этом случае он больше уязвим (рис. 1а).

Двигатель — самое уязвимое место, тяжесть от биоповреждающих последствий зависит от массы птицы, а представители всех изученных отрядов относятся ко второй весовой категории. Почти половина столкновений приходится на двигатель, так как он активно засасывает птиц (рис. 1в). Небольшую птицу двигатель может перемолоть без утраты работоспособности.

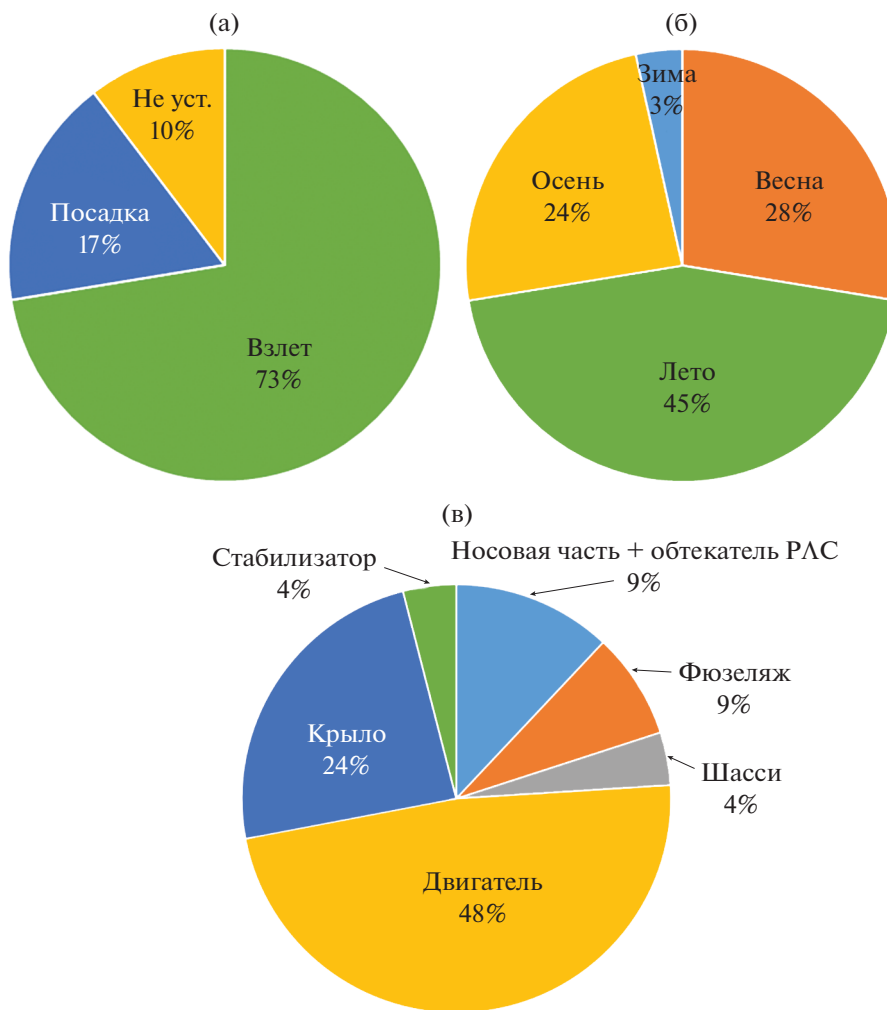


Рис. 1. Анализ столкновений по этапам полета (а), времени года (б) и по части ВС, подвергшейся удару (в).

Удар в РЛС в носовой части может грозить потерей некоторых функций радиолокатора.

Наибольшее количество столкновений происходит летом, примерно равное количество осенью и весной, наиболее свободное от инцидентов время – зима.

Анализ табл. 1 показал также, что с орнитологической безопасностью полетов за рубежом далеко не все в порядке. Из 10 зарубежных рейсов (случаи 1, 6, 7, 10, 13, 17, 20, 25–27) в 8 столкновения произошло за границей. Всего в одном случае (№ 26) – в Шереметьево, место еще одного инцидента не было установлено.

Основные меры предупреждения столкновений с Соколообразными и Ястребообразными в аэродромной среде. Для видов данной группы птиц нет специальных средств управления поведением. Применяются в основном эколого-санитарные меры для устранения факторов размножения мелких млекопитающих, которые в свою очередь привлекают хищных птиц. Но есть общие меры

минимизации столкновений, более или менее радикальные, но без причинения вреда птицам.

Геомониторинг и геоинформационные системы безопасности полетов в аэродромной экологии. Для создания геоинформационных систем безопасности полетов (ГИС БП) сотрудники ИПЭЭ РАН с помощью физико-географического и климатического районирования распределяют аэропорты РФ по однотипным зонам. При этом используются данные Росавиации по степени абсолютного и\или относительного числа столкновений в аэропортах и их окрестностях (рис. 2, по: Букреев, Вепринцева, 2009).

Для каждого аэропорта предполагается оценить ландшафтно-биотопические особенности местности, орнитологическую нагрузку и ее сезонную составляющую, выявить опасные виды. Не все фоновые виды (виды, пребывающие в данной зоне в данное время, будучи мигрирующими, кочующими или оседлыми) изучаемой зоны одинаково опасны, о чем свидетельствуют иденти-

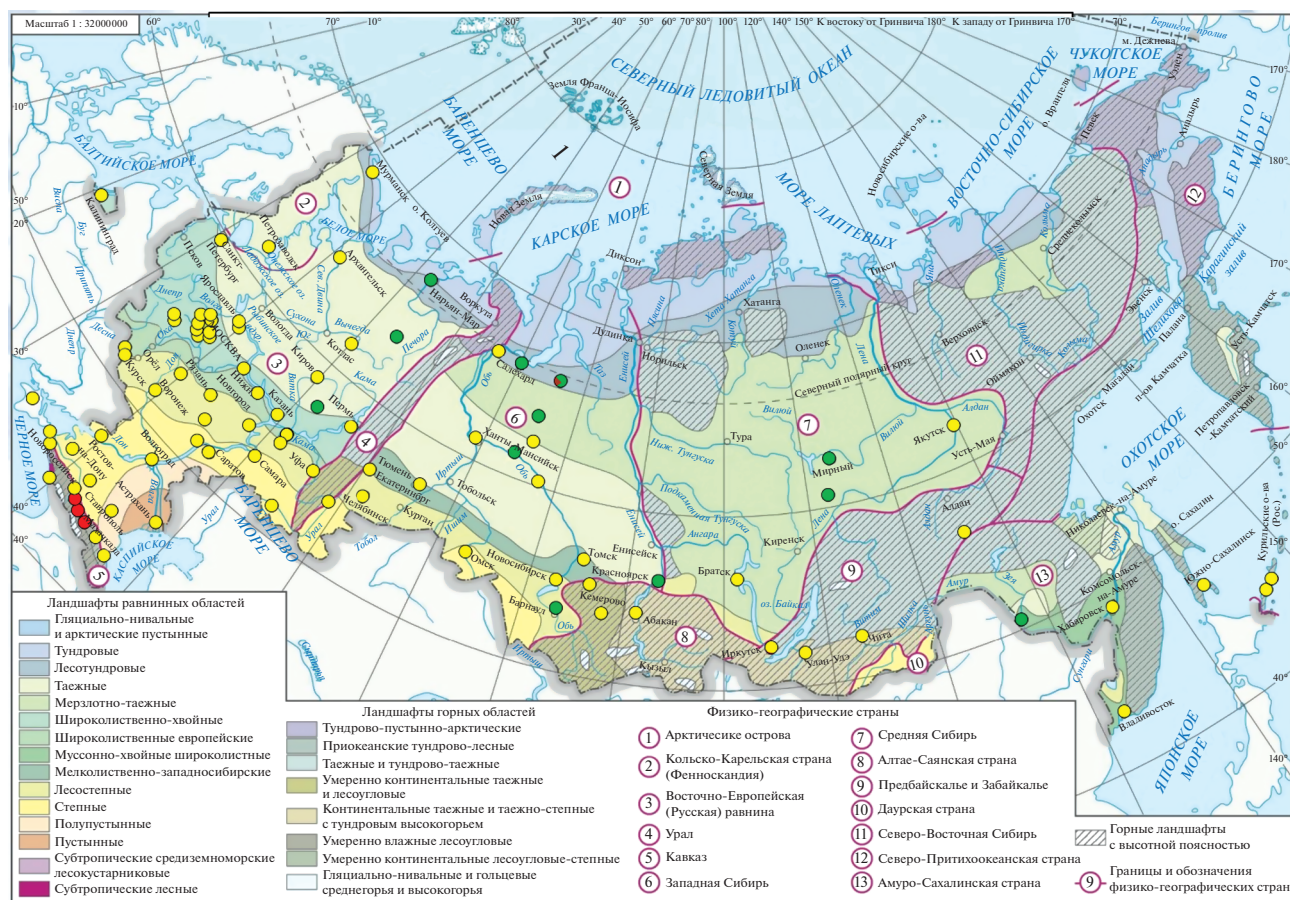


Рис. 2. Распределение аэропортов по физико-географическим регионам и количество столкновений на 10 тыс. взлетов и посадок. Красные кружки – более 10, желтые – от 1 до 9,9, зеленые – менее 1 (Букреев, Велпринцева, 2009, с изменениями).

фикационные данные, полученные в результате упомянутых выше экспертиз. Сведения об индивидуальных особенностях аэропорта имеются в отчетах эколого-орнитологических обследований, в полевых дневниках, а также схемах и картах кормовых и миграционных перемещений птиц. Для прогнозирования опасности столкновения с тем или иным видом птиц предпринимается анализ и сопоставление всех имеющихся данных по аэропорту и 15-км зоны вокруг него. Таким образом для каждого аэропорта создаются базы данных по столкновениям и поведению биоповреждающих видов птиц. Эти базы предполагается включить в ГИС БП для России.

За рубежом также собирают данные о наличии и численности разных видов животных с географической привязкой к месту, то есть создаются ГИС БП. Кроме того, данные этих баз оказались чрезвычайно ценными для пространственно-временного анализа, например, для выявления фенологических изменений, показывающих реакцию птиц на изменение климата (Parmesan, Yohe,

2003; Jonzen *et al.*, 2007; Menzel *et al.*, 2006). Анализ ГИС БП помогает также выявить тенденции сдвига численности популяций под воздействием изменения условий окружающей среды (Krebs *et al.*, 1999; Benton *et al.*, 2002; Stuart *et al.*, 2004).

На основе полевых наблюдений разработаны карты пространственно-временного распределения плотности птиц (рис. 3), а также две веб-модели для предотвращения столкновений в Нидерландах и континентальной части США и Аляски (Shamoun-Baranes *et al.*, 2007). Разработка таких моделей требует транс-дисциплинарного подхода, в частности, опыта работы в области полевой и радиолокационной орнитологии, геостатистики, компьютерного моделирования, управления информацией, дистанционного зондирования, компьютерных наук. Кроме того, в работе необходимо сотрудничество между академическими, коммерческими и природоохранными институтами, а также обществами любителей птиц и авиационными орнитологами аэропортов.

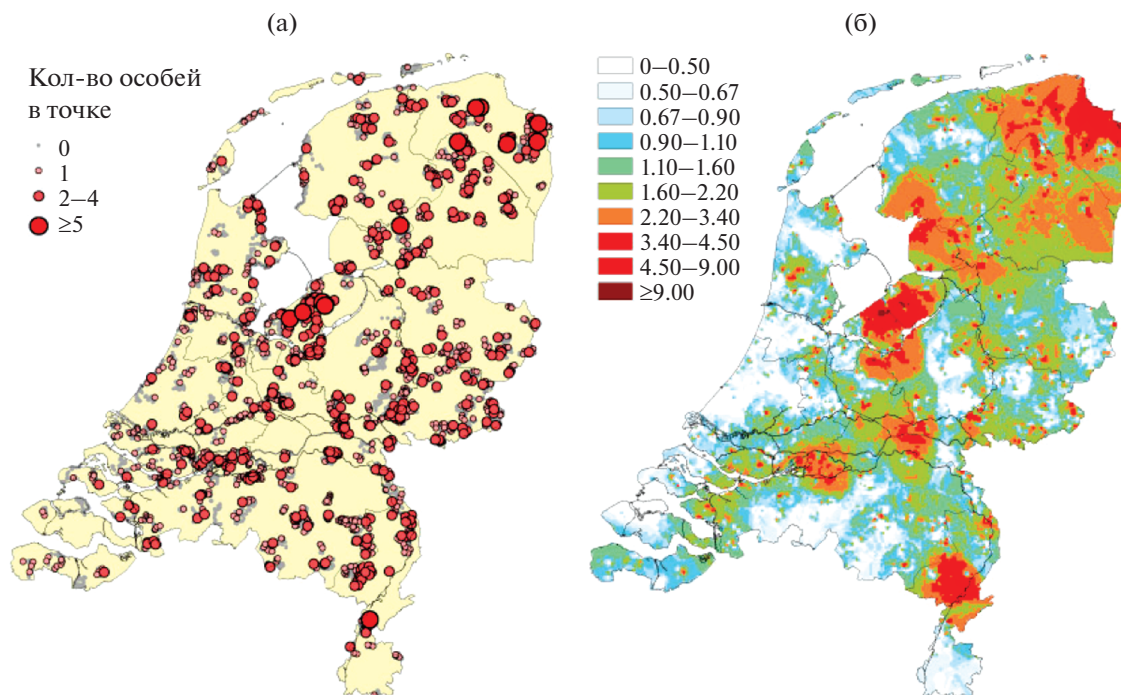


Рис. 3. Количество обыкновенных канюков, выявленных на одном участке учета в декабре 2000 г. (а). Смоделированная карта распределения канюков (б) (Shamoun–Baranes *et al.*, 2007).

В будущем на основе углубленного изучения многолетних данных мониторинга предлагается прогнозировать видоспецифическое поведение птиц в зонах аэропортов (Metz *et al.*, 2021). Долговечность прогнозов моделей предотвращения столкновений с птицами составляет порядка 5–10 лет (Shamoun–Baranes *et al.*, 2007).

Системы обнаружения птиц в полете в реальном времени. Такие системы создаются и у нас, и за рубежом. При этом применяется радар или стереосистемы (Gradolewski *et al.*, 2021). В зарубежных аэропортах с помощью этих систем рассчитывается риск попадания для птиц, которые предположительно пересекут центральную линию ВПП и нанесут ущерб воздушному судну. Остальные, находящиеся на земле, птицы подлежат вниманию наземных орнитологических служб. В результате на пути ВС выявляются птицы, прогнозируются их скорости и траектории перемещения, и, если возникает опасность столкновения, то наземные службы, получившие информацию о нахождении птиц на пути ВС, дают команду экипажу ВС, и вылет задерживается, в редких случаях при крупных и длительных миграциях — отменяется. Преимущественно происходит задержка взлета обычно не более, чем на 10 минут. Такие способы избежать столкновения предлагаются международными коллективами авторов из Германии, Голландии, Израиля, Дании и США (Metz *et al.*, 2016, 2017, 2019, 2020, 2021a, 2021b; Van Gasteren *et al.* 2018).

В аэропорту Пулково в Санкт-Петербурге установлена разработанная в Болгарии система Volacom (Сайт Volacom, 2022). В аэропорту Шереметьево установлена радиолокационная система обнаружения птиц Merlin, разработанная в США (Сайт AeroExpo, 2022).

На конференции Ассоциации по столкновениям самолетов с птицами 7–8 марта 2022 г. (World Birdstrike Association Europe Conference) представлена радиолокационная установка для управления поведением птиц, разработанная в Польше (Advanced Protection Systems, 2022).

В РФ на настоящий момент есть разработки АО НИИ “Вектор” — система орнитологической безопасности полетов для аэропортов “Orni” (сайт Ростеха, 2022) и радиолокационно-оптический комплекс РОСК-1 Концерна ВПО “Алмаз-Антей” (Официальный сайт ПАО НПО “Алмаз”, 2022). Обе системы находятся на стадии апробирования.

Есть и работающая система обнаружения и сопровождения воздушных объектов по отраженным радиосигналам сторонних источников в пассивно-активных системах радиолокации “Енот” (Батчев и др., 2016) с собственной диаграммой направленности акустического источника репеллентных сигналов, который позиционируется в пространстве в зависимости от положения птицы или птиц, на поведение которых предполагается воздействовать.

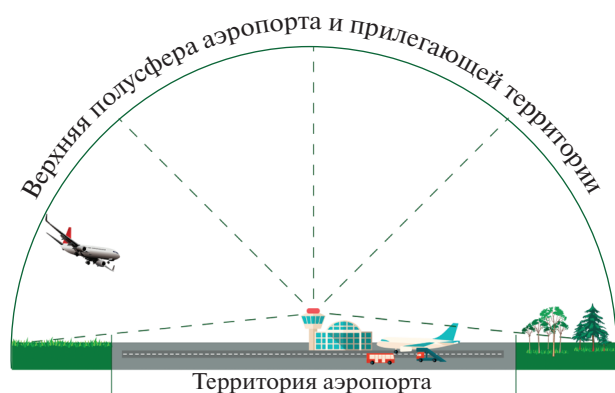


Рис. 4. Примерная схема контроля опасных по столкновениям с птицами зон.

Обзор всех перечисленных средств обнаружения и управления поведением птиц показывает, во-первых, их наличие в мире, во-вторых, возможность оптико-электронных и радиоэлектронных средств обнаруживать птиц на расстоянии до двух километров. При этом соизмеримая по размеру с самолетом плотная стая птиц может обнаруживаться и на расстоянии 20 км. Основными общими недостатками являются невозможность определения вида по радиолокационным данным; сопровождение исключительно одиночных целей, то есть одиночных птиц, но не групп или стай; а также отсутствие диаграммы направленности акустических сигналов, которая автоматически настраивается на отпугиваемый объект. Такая диаграмма есть только в системе «Енот». Главным же недостатком является отсутствие когнитивных, полностью автоматизированных систем обнаружения и управления поведением животных (Hoekstra, Ellerbroek, 2016).

Автоматизированным и наиболее эффективным средством обнаружения и управления поведением птиц без их элиминации могла бы стать комплексная когнитивная система, которая позволит осуществлять контроль воздушного пространства приаэродромной зоны с использованием радиолокационных и оптико-электронных средств (рис. 4).

При этом решаются следующие задачи:

- автоматическое обнаружение птицы в контролируемой зоне;
- автоматический виртуальный захват птицы с присвоением номера идентичности, сопровождение птицы, определение направления полета и скорости движения птицы;
- идентификация вида сопровождаемой птицы по взмахам крыльев, размерам и характеру полета.

К номеру идентичности привязываются все имеющиеся сведения, которые сохраняются в ба-

зе данных, включая время обнаружения птицы и время окончания наблюдения за ней после выхода птицы за пределы зоны.

Сведения из базы данных поступают в когнитивную модель, которая прогнозирует траектории полета всех сопровождаемых птиц и траектории ВС, осуществляет оценку уровня угроз столкновения с ВС. Каждый рейс, заходящий на посадку и идущий на взлет, получает количественную оценку в зависимости от уровня орнитологических угроз. Оценка уровня угроз трансформируется в управляющие воздействия, которые сводятся:

- к применению имеющегося в аэропорту средства управления поведением;
- к задержке или отмене рейса.

Такой автоматизированной системы нет и в зарубежных аэропортах, о чем свидетельствует анализ литературы и косвенно — упомянутый нами выше факт о преобладающем большинстве случаев столкновений с птицами, происходящих на территориях иностранных аэропортов (табл. 1).

Изъятие части популяции птиц и вывоз за территорию аэропорта. Мероприятия по отлову хищных птиц проводятся как в наших аэропортах, так и за рубежом. В Международном аэропорту О'Хара в Чикаго (США) проводили эксперименты по отлову и перемещению краснохвостого сарыча *Buteo jamaicensis* за пределы аэропорта. При этом при отлове и вывозе канюков без их элиминации дало уменьшение относительного числа столкновений на 47%, а перемещение с частичной элиминацией уменьшило число случаев на 67% (Washburn *et al.*, 2021).

При использовании данного метода необходимо следить за тем, чтобы происходило изъятие только части популяции птиц, и интересы птиц тоже учитывались. Некоторые «проблемные» для авиации виды являются редкими или уязвимыми, а большинство видов как звенья в цепи составляют биологическое разнообразие нашей орнитофауны, и представляют ценные ресурсы. Виды, наносящие ущерб на территории аэродрома, в другой эколого-хозяйственной ситуации оказываются незаменимыми. Хищные птицы — консументы высшего порядка, находящиеся на вершинах экологических пирамид, из-за чего они особенно чувствительны к изменениям окружающей среды. Основными факторами сокращения популяций пернатых хищников являются прямое преследование человеком, ухудшение условий существования в связи с антропогенной экспансией, обеднение кормовой базы, губительное воздействие пестицидов, гибель на техногенных сооружениях и влияние беспокойства (Ильях, Хохлов, 2010; Cleary, Dolbeer, 2005).

Мы не предлагаем сохранять птиц за счет безопасности авиатехники и пассажиров, но при прочих равных условиях призываем аэродромные

службы избегать летальных мер для животных. Это не только не гуманно, но и нецелесообразно. В этом случае экологическую нишу изъятых популяций займет другая популяция, менее опытные члены которой не имеют представления об опасности, исходящей от взлетающего или приземляющегося воздушного судна. В результате число столкновений с самолетами может возрасти.

При правильном управлении орнито-ресурсами в аэродромной экологии формируются популяции птиц, адаптированные к местным условиям жизни. Такие особи редко сталкиваются с ВС. При этом популяции, включающие опытных особей, занимают часть экологической емкости угодий и препятствуют вселению неадаптированных новичков. Но если таковые все-таки появляются, то аборигены служат хорошим примером для пришлых особей, облегчая их адаптацию.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем глубокую благодарность сотруднику Отдела орнитологии Научно-исследовательского зоологического музея МГУ им. М.В. Ломоносова за помощь в идентификации видов к. б. н. Я.А. Редькину. Благодарим также главного специалиста подразделения ИПЭЭ РАН к. т. н. А.Н. Вараксина за помощь в подготовке обзора технических средств по обнаружению птиц и управлению их поведением. Анализ перьевых структур проведен с использованием оборудования Центра коллективного пользования “Инструментальные методы в экологии” при ИПЭЭ РАН. Молекулярно-генетический анализ выполнен в Кабинете методов молекулярной диагностики ИПЭЭ РАН.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках Государственного задания Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН “51. Экология организмов и сообществ”

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все этические стандарты были соблюдены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аэростандарт – База данных официальных электронных версий документов Международной организации гражданской авиации (ИКАО). Doc 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 3. Предотвращение опасного присутствия птиц и диких животных ИКАО. 2020. [Электронный ресурс]

URL: <https://standart.aero/ru/icao> (дата обращения: 17.10.2022).

Батчев С.А., Зайцев А.Г., Талалаев А.Б., Тимаков Д.А. Метод обнаружения и сопровождения воздушных объектов по отраженным радиосигналам сторонних источников в пассивно-активных системах радиолокации // Программные продукты и системы. 2016. № 3(115). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-obnaruzheniya-i-soprovozhdeniya-vozdushnyh-obektov-po-otrazhenным-radiosignalam-storonnih-istochnikov-v-passivno-aktivnyh> (дата обращения: 19.10.2022).

Букреев С.А., Вепринцева О.Д. Орнитофаунистическая фенопериодизация года на Юго-Западном Копетдаге (Туркменистан). Орнитогеография Палеарктики: современные проблемы и перспективы. Махачкала. 2009. С. 240–262.

Ильях М.П., Хохлов А.Н. Хищные птицы и совы трансформированных экосистем Предкавказья. Ставрополь. 2010. 760 с.

Официальный сайт ПАО НПО “АЛМАЗ”. Радиолокационно-оптический комплекс “ROSC-1”. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://lemz.ru/roscl-1-2> (дата обращения: 19.10.2022).

Сайт AeroExpo. Система обнаружения птиц радар. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aeroexpo.com.ru/prod/detect-global-ltd/product-172588-15264.html> (дата обращения: 19.10.2022).

Сайт Volacom системы предотвращения столкновений птиц с воздушными судами. Демонстрация работы. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <http://volacom.su/files/Demonstration.mp4> (дата обращения: 19.10.2022).

Сайт Ростеха. Новости. 2022 [Электронный ресурс]. URL: https://rostec.ru/news/rostekh-razrabotal-sistemu-zashchity-passazhirskikh-samoletov-ot-ptits-/?sphrase_id=4897068 (дата обращения: 19.10.2022).

Сайт Федерального агентства воздушного транспорта. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://favt.gov.ru/novosti-novosti/?id=7456> (дата обращения: 19.10.2022).

Силаева О.Л. Система диагностических признаков покровных перьев птиц отряда Ржанкообразных // Изв. РАН. Сер. биол. 2019. № 6. С. 614–624. <https://doi.org/10.1134/S000233291904012X>

Силаева О.Л., Холодова М.В., Свиридова Т.В., Букреев С.А., Вараксин А.Н. Исследования столкновений воздушных судов с птицами по данным экспертиз 2002–2019 гг. // Изв. РАН. Сер. биол. 2020. № 6. С. 636–645. <https://doi.org/10.31857/S0002332920060120>

Силаева О.Л., Чернова О.Ф. Современное состояние идентификационной птиологии в России // Успехи современной биологии. 2021. Т. 141. № 6. С. 595–610. <https://doi.org/10.31857/S0042132421060089>

Чернова О.Ф., Ильашенко В.Ю., Перфилова Т.В. Архитектоника пера и ее диагностическое значение.

- Теоретические основы современных методов экспертного исследования. М.: Наука, 2006. 100 с.
- Чернова О.Ф., Перфилова Т.В., Фадеева Е.О., Целикова Т.Н. Атлас микроструктуры перьев птиц. М.: РФЦСЭ. 2009. 150 с.
- Якоби В.Э. Биологические основы предотвращения столкновений самолетов с птицами. М.: Наука, 1974. 166 с.
- Advanced Protection Systems. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://apsystems.tech/en/> (дата обращения: 19.10.2022).
- Benton T.G., Bryan, D.M., Cole L., Crick H.Q.P. Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades // *J. Applied Ecology*. 2002. V. 39. P. 673–687. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00745.x>
- Bruderer B. Collisions of aircrafts with birds of prey in the Alps. Bird Strike Committee Europe 13, WP 3; Bern, Switzerland; 29 May–2 June, 1978. P. 72–76.
- Cleary E.C. Dolbeer R.A. Wildlife Hazard Management at Airports. A Manual for Airport Personnel. Second Edition. 2005 [Электронный ресурс] URL: https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&context=icwdm_usdanwrc (дата обращения: 17.10.2022). <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3719>
- Gradolewski D., Dzialek D., Kaniecki D., Jaworski A., Skakuj M., Kulesza W.J. A Runway Safety System Based on Vertically Oriented Stereovision // *Sensors*. 2021. V. 21. 25 p. <https://doi.org/10.3390/s21041464>
- Grubh R.B., Satheesan S.M. Bird-Strike Remains Identification in India. Bird Strike Committee Europe 21, WP 6, Jerusalem, 23–27 March, 1992.
- Hoekstra J.M., Ellerbroek J. “BlueSky ATC Simulator Project: an Open Data and Open Source Approach”, Proceedings of the seventh International Conference for Research on Air Transport (ICRAT), 2016.
- Jonzen N., Hedenström A., Lundberg P. Climate Change and the Optimal Arrival of Migratory Birds // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2007. V. 274. P. 269–274. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3719>
- Krebs J., Wilson J., Bradbury R., Siriwardena G. The second Silent Spring? // *Nature*. 1999. V. 400. P. 611–612. <https://doi.org/10.1038/23127>
- Parmesan C., Yohe G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems // *Nature*. 2003. V. 421. P. 37–42. <https://doi.org/10.1038/nature01286>
- Metz I.C., Ellerbroek J., Mühlhausen T., Kügler D., Hoekstra J.M. The Bird Strike Challenge // *Aerospace*. 2020. V. 7. № 26. 23 p. <https://doi.org/10.3390/aerospace7030026>
- Metz I.C., Ellerbroek J., Mühlhausen T., Kügler D., Hoekstra J.M. Analysis of Risk-Based Operational Bird Strike Prevention // *Aerospace*. 2021a. V. 8. № 32. 22 p. <https://doi.org/10.3390/aerospace8020032>
- Metz I.C., Ellerbroek J., Mühlhausen T., Kügler D., Hoekstra J.M. Simulating the Risk of Bird Strikes // *Proceedings Seventh SESAR Innovation Days*, 28th–30th November, 2017, 8 p.
- Metz I.C., Ellerbroek J., Mühlhausen T., Kügler D., Kern S., Hoekstra J.M. The Efficacy of Operational Bird Strike Prevention. // *Aerospace*. 2021b. V. 8. № 17. 15 p. <https://doi.org/10.3390/aerospace8010017>
- Metz I.C., Mühlhausen T., Ellerbroek J., Kügler D., Hoekstra J. Evaluating the Effects of a Bird Strike Advisory System. Conference: Bird / Wildlife Strike Prevention Conference, Amsterdam, the Netherlands. 2016. V. 12.
- Metz I.C., Mühlhausen T., Ellerbroek J., Kügler D., Hoekstra J. What is the Potential of a Bird Strike Advisory System? Proceedings of the 13th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, Vienna, Austria, 18–21 June 2019. V. 6. № 18.
- Menzel A., Sparks T.M., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kübler K., Bissolli P., Braslavská O., Briede A., Chmielewski F.M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dahl Å., Defila C., Donnelly A., Filella Y., Jateczak K., Måge F., Mestre A., Nordli Ø., Peñuelas J., Pirinen P., Remišová V., Scheiffinger H., Striz M., Susnik A., Van Vliet A. J. H., Wielgolaski F.-M., Zach S., Züst A. European phenological response to climate change matches the warming pattern // *Global Change Biology*. 2006. V. 12. P. 1969–1976. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v1i4.9154>
- Shamoun-Baranes J., Bouten W., Buurma L., De Fusco R., Dekker A., Sierdsema H., Sluiter F., Van Belle J., Van Gasteren H., Van Loon E. Avian Information Systems: Developing Web-Based Bird Avoidance Models // *Ecology and Society*. 2007. V. 13. 12 p. <https://doi.org/10.5751/ES-02578-130238>
- Stuart S.N., Chanson J.S., Cox N.A., Young B.E., Rodrigues A.S., Fischman D.L., Waller R.W. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide // *Science*. 2004. V. 306. P. 1783–1786. <https://doi.org/10.1126/science.1103538>
- Thorpe J. 100 years of fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strike // *IBSC Conference*, Stavanger 25–29 June, Norway, 2012. P. 16.
- Van Gasteren H., Krijgsveld K.L., Klauke N., Leshem Y., Metz I.C., Skakuj M., Sorbi S., Schekler I., Shamoun-Baranes J. Aeroecology meets aviation safety: early warning systems in Europe and the Middle East prevent collisions between birds and aircraft // *Ecography*. 2018. V. 42. P. 1–13. <https://doi.org/10.1111/ecog.04125>
- Washburn B.E., Pullins C.K., Guerrant T.L., Martinelli G.J., Beckerman S.F. Comparing Management Programs to Reduce Red-tailed Hawk Collisions with Aircraft // *Wildlife Society Bulletin*. 2021. V. 45. P. 237–243. <https://doi.org/10.1002/wsb.1177>

Aircraft Collisions With Birds (Order *Falconiformes* and *Accipitriformes*)**O. L. Silaeva^{1, #} and A. S. Pedenko¹**¹ *Severtsov Institute of Ecology and Evolution (IPEE RAS), Leninsky prosp., 33, Moscow, 119071 Russia*[#] *e-mail: silaeva.o@gmail.com*

Statistical data on aircraft collisions with birds of prey (*Falconiformes* and *Accipitriformes*) are analysed. The basis of the analysis was the results of the IPEE RAS study. The reasons and factors attracting birds of prey to airfields are considered. In the period from 2005 to 2022 seven species of birds of prey involved in 29 collisions with aircraft were identified. The largest number of birdstrike occur with common kestrel *Falco tinnunculus* and common buzzard *Buteo buteo*. The most collisions occur on the airport or in its vicinity; there is a 4.3 times more strikes by taking off than by landing. From raptor birds' collisions suffer mainly engine and wing structure. Recommendations are given to control birds' behaviour for minimizing strikes with birds of prey at the airfield.

Keywords: birdstrike, birds of prey, identifying species after collision with aircraft, feather structure