

**Требования к местам обитания
малого подорлика на южной периферии ареала**
Habitat requirements of the Lesser Spotted Eagle
on the southern periphery of the distribution range

Д.А. Демерджи́ев, Д.Д. Добрев, В.С. Аркумарев
Болгарское общество защиты птиц/BirdLife Bulgaria
E-mail: dimitar.demerdzhiiev@gmail.com, dimitar.demerdzhiiev@bspb.org

Введение

Знание требований к местам обитания видов имеет решающее значение для принятия эффективных решений для управления дикой природой, тем более, когда среда обитания видов специфична для них, с одной стороны, и с другой – подвержена серьезным и быстрым изменениям. Взаимодействие хищных птиц и мест обитания широко анализируется. Управление и улучшение среды обитания размножающихся хищников имеет заметное положительное влияние на биоразнообразие в целом.

Популяции хищных птиц являются важным биоиндикатором изменений и давлений в экосистемах, поскольку они чувствительны к изменениям в землепользовании, структуре среды обитания и фрагментации этой среды и очень уязвимы для локального вымирания (Sergio et al., 2005; Burgas et al., 2014; Donàzar et al. 2016). Распространение хищных птиц ограничено подходящей средой размножения, поскольку они предъявляют особые требования к месту гнездования (Newton, 1979; Ferguson-Lees, Christie, 2001). Для видов, обитающих в лесах, нехватка гнездовых мест может также ограничить плотность вида ниже несущей способности среды обитания (Newton, 1998).

Малый подорлик (*Clanga pomarina*, Brehm 1831) – орел среднего размера, добывающий пищу на различных типах пастбищ и избегающий пахотных земель и обширных лесов (Mirski, 2009, 2010; Väli et al., 2017). В Европе этот орел обычно выбирает пастбища, размещая свои гнезда рядом с открытыми ландшафтами. В некоторых регионах избегает размещения гнезд рядом с антропогенной инфраструктурой. Этот чувствительный вид выбирает сплошной лесной покров и предпочитает гнездиться в естественных, спелых лесах. Он строит свои гнезда на больших деревьях (Löhmus, 2005; Treinys et al., 2009).

В Болгарии малый подорлик неравномерно распределен на территории страны. Более 70% населения сконцентрировано в юго-восточной и восточной Болгарии и слабо представлено в западной части страны (Demerdzhiev et al., 2007). Размер популяции оценивается в более 600 гнездящихся пар (Demerdzhiev et al., 2019). Это определяет

Болгарию как наиболее важный район для сохранения вида в южной части его ареала, особенно с учетом уменьшения численности популяции в Греции и Турции. Однако на южной периферии ареала данные о потребностях малого подорлика в местах обитания были скудными и недостаточными (Abuladze, 1996, 2001; Poirazidis et al., 2007, 2019; Väli et al., 2009). Такие данные могут позволить нам расширять теоретические знания о требованиях к среде обитания этого территориального хищника, проявляющего верность к местности, и мы получим достаточную основу для его эффективной охраны как редкого вида.

В этом исследовании мы описываем: (1) гнезда, места гнездования и требования к гнездовым насаждениям и их выбор в масштабе микробиотопа, (2) территориальные предпочтения и отбор в пространственных масштабах в качестве признаков макробиотопа. Мы исследовали выбор места гнездования и территории орлов в трех аспектах: характеристики гнезда, связь мест гнездования с местом и гнездом возле его, а также предпочтения гнездовой территории в широком масштабе (в пределах района исследования). Мы стремились определить предпочтения малого подорлика в масштабе микро- и макробиотопов путем сравнения типов земного покрова, ландшафтного разнообразия и фрагментации, топографии и расстояний до элементов ландшафта гнезд/территорий со случайными участками. Мы также сравнили места обитания в географически разных регионах и с разной плотностью популяций орла.

Мы предполагаем, что: (1) места для гнезд отличаются в региональном масштабе и выбор орла зависит от характеристик древостоев, доступа к охотничьим угодьям и избегания человеческих поселений, а не от топографии местности. Мы также полагаем, что этот вид предпочитает гнездиться в спелых лесах, избегая густых лесов; (2) территория размножения различается в региональном масштабе, и выбор макробиотопа определяется характеристиками фрагментов, ландшафтным разнообразием и ландшафтной структурой, чтобы избежать человеческого беспокойства и нарушений предпочитаемой растительности типа лугопастбищных угодий из-за пахотных земель и лесных и кустарниковых районов.

Материалы и методы

Болгария, расположенная в юго-восточной части Европы и в восточной части Балканского полуострова, попадает в сферу проявления двух климатических зон – умеренной, в своем континентальном разнообразии, и Средиземноморской, и перехода между этими двумя климатическими поясами. Наличие большого водного бассейна (Черного моря), прилегающего к Болгарии с востока, оказывает влияние на климат.

Поиск гнездовых территорий и гнезд малого подорлика проводился с 2014 по 2018 г. В районе исследований (юго-восточная часть страны) область исследования была выбрана, чтобы охватить наиболее плотную и многочисленную часть популяций этого орла в Болгарии. Различные климатические условия и местообитания в районе исследования также влияют на наличие мест обитания. Район охватывает низменности от уровня моря до низкогорных районов высотой до 1200 м.

Данные о гнездовых территориях и местах гнездования были собраны в период 2014-2018 гг. Мы посещали гнезда между концом марта и концом июля в ходе интенсивных полевых исследований, используя общие методики для нескольких видов. Мы считали, что территория занята, если наблюдали: защиту территории, строительство гнезда, копуляцию или другую репродуктивную деятельность парой. Гнезда считались активными, если они были «украшены» зелеными ветками листвы, содержали насиживающих птиц, птенцов, яйца или остатки яичной скорлупы.

Мы исследовали предпочтения среды обитания малого подорлика на трех уровнях: (1) описывали характеристики всех найденных гнезд ($n=114$); (2) анализировали места гнездования и территорию в радиусе 50 м от гнезда в масштабе микробиотопа; (3) определяли предпочтения территории в радиусе 2 км от гнезда в качестве макробиотопа. Для анализа гнездовых деревьев мы используем все деревья с гнездами. Чтобы избежать псевдо-репликации, мы использовали только наиболее часто занятые гнезда с каждой территории размножения для анализа масштаба микро- и макробиотопов.

Таким образом, мы включили 79 гнезд на 79 различных гнездовых территориях. Площадь в радиусе 2 км от гнезда считается гипотетической территорией этого орла, как принято в других исследованиях, где гнезда расположены близко к центру территории, а не на ее периферии (Váli et al., 2017). Земной покров был исследован в радиусе 2 км от гнездовых деревьев и случайных участков с использованием цифровых карт на основе спутниковых снимков.

Пространственный анализ данных был выполнен с использованием программного обеспечения ArcGIS 10. Анализ отдельных фрагментов среды обитания проводился с использованием приложения Patch Analyst. Поскольку малый подорлик обитает в лесах, все случайные точки были выбраны так, чтобы они находились в лесных районах на расстоянии не менее 1 км друг от друга или между случайными точками и гнездами во избежание псевдо-репликации. Это не нарушало допущение независимости выборки, потому что гнезда и соответствующие случайные точки были описаны в гораздо меньшем масштабе.

После изучения взаимных корреляций переменных (коэффициент корреляции Спирмена, r), мы выбрали для дальнейшего анализа 16 переменных в масштабе макробиотопа и 18 переменных в масштабе микробиотопа. С помощью критерия Колмогорова – Смирнова данные были проанализированы на нормальное распределение и лог-преобразованы. Мы использовали непараметрический критерий Крускала-Уоллиса ANOVA и общую линейную модель (GLM) для анализа состава среды обитания на микро- и макроуровне.

Таким образом, после того, как мы определили факторы, имеющие наибольшее значение для выбора среды обитания по двум шкалам (микро и макро), были затем проанализированы все возможные комбинации этих факторов. В результате отобраны лучшие модели путем исчерпывающего поиска на основе наименьшего значения информационного критерия Акаике с поправкой на небольшой размер выборки (AICc) (Burnham, Anderson, 2002). Чтобы оценить влияние объясняющих важных факторов на выбор среды обитания, мы использовали смешанную модель общего лайнера/не лайнера (GLNLM) со структурой биномиального распределения и функцией логит-линка, где зависимой переменной был выбор Орла (1 = присутствие, 0 = отсутствие). Мы рассчитали AICc для каждой из наших моделей-кандидатов и выбрали модель с наименьшим значением AICc. Модели, которые дают самые низкие значения AICc, можно считать меньшей разницей, чем истинная модель. AICc предоставляет простой и эффективный способ выбора правильной модели для настоящей модели. Все модели со значением AICc < 2 из модели с наименьшим значением AICc (AICcmin) считались лучшими моделями ($\Delta AICc = AICc_i - AICc_{min}$).

Мы оценили относительную важность каждой модели из нашего набора моделей-кандидатов ($\Delta AICc < 2$). Мы использовали вес AICc (w_i) для всех моделей-кандидатов, чтобы оценить их относительную поддержку данных. Вес модели оценивали по нормализованным весам Акаике, $\exp(-0,5 \times \Delta AICc) / \sum R_i = 1 \exp(-0,5 \times \Delta AICc)$. Мы использовали также пояснительные оценки параметров со стандартной ошибкой и значением вероятности (p) для объяснительных факторов. Программа Statistica для Windows, выпуск 10 и программное обеспечение R v.2.15.2 использовались для статистического анализа данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выбор среды обитания и предпочтения на уровне микробиотопа (гнездо, гнездовой участок)

Малый подорлик строит своё гнездо преимущественно у ствола дерева ($n=96$; или 86%). Боковые ветви использовались реже ($n=14$; 12%), а на верхушке кроны встречались редко ($n=4$; 4%). В 114 гнез-

дах, изученных в юго-восточной Болгарии, гнездовое дерево обычно представляло собой дуб (68%) и, гораздо реже, иву (11%), ясень (8%) и тополь (7%). Доля других пород деревьев была незначительной. Средняя высота гнезда ($n=113$) составляет 15 ± 4 м (диапазон 6,50-27 м), а высота гнезда составляет $10,35\pm 3,78$ м (диапазон 4-23 м) над землей. Средний диаметр ствола на высоте груди (DBH) ($n=104$) составлял $0,49\pm 0,22$ м (диапазон 0,12-1,22 м), но в 75% случаев DBH был в среднем 0,58 м.

Малый подорлик строит свое собственное гнездо, хотя может использовать и гнезда других хищников. Вопреки нашему прогнозу в отношении выбора микробиотопа, селективность орла была тесно связана с топографией, поскольку орел избегает крутых склонов ($F=9,53$, $p=0,002$), южной экспозиции ($F=10,59$, $p=0,001$) и большой высоты ($F=31,53$, $p=0,0000001$). Как мы ожидаем, вид предпочитает размещать свои гнезда близко к опушке леса ($F=25,12$, $p=0,000001$) и в непосредственной близости от водоема (река или озеро) ($F=79,58$, $p=0,00000001$). Гнезда ($n=79$) расположены около края леса, 75% ближе, чем 164 м от края участка леса. Среднее расстояние от гнезда до края леса составляет $146,71\pm 178,28$ м. Размер лесного участка также влияет на выбор орла, так что виды обычно избегают небольших пятнистых участков ($F=16,22$, $p=0,00009$). На исследуемой территории 75% гнездовых лесных массивов имели средний размер 77,01 га. Самый маленький участок, где гнезвился орел, имел размер 0,39 га, а самый большой – 760,3 га. Средний размер использования лесных участков для гнездования составил $67,34\pm 135,34$ га. В отличие от нашего предположения, близость к антропогенным биотопам не влияла на выбор места для гнезда. Расстояние от гнезда до ближайшего населенного пункта или дороги незначительно отличается от расстояний, измеренных случайными точками ($F=0,01$, $p=0,93$; $F=1,52$, $p=0,22$).

Выбор среды обитания и предпочтения на уровне микробиотопа (гнездовая территория)

В соответствии с нашим прогнозом выбор территории был связан с предпочтениями естественных пастбищных угодий и смешанного типа землепользования (мозаика сельского хозяйства) и избеганием использования больших лесов и пахотных земель. В гнездовом участке малого подорлика содержалось в среднем 26% (в диапазоне 0,63–74,8%) биотопов лугов (естественные луга и мозаика сельского хозяйства), что значительно больше, чем было доступно в ландшафте. В среднем 22,38% (диапазон 0–64,02%) земельного покрова гнездовых территорий состоит из пахотных земель и 32,87% (диапазон 0–80,8%)

из лесных площадей, поскольку доля этих типов местообитаний меньше доступной.

Несмотря на наши ожидания, кустов на гнездовой территории было значительно больше (в среднем 9,13%, диапазон 0–31,08%), чем на случайных участках (в среднем 6,37%, диапазон 0–30,71%) ($F=14,84$, $p=0,0002$). Предположение, что малому подорлику следует избегать антропогенных элементов (поселение, инфраструктура и т.д.) не имело поддержки ($F=2,26$, $p=0,14$). Поскольку мы предполагаем, что самые сильные предпочтения среды обитания малого подорлика связаны с неоднородностью среды обитания, мы наблюдали, что вид четко выбирал территории с высоким разнообразием мест обитания ($F=40,11$, $p=0,00000001$).

Характеристики фрагментов тоже влияют на селективность орла, и мы обнаружили, что вид явно предпочитал мозаичную структуру ландшафта ($F=29,12$, $p=0,0000001$), озера и реки ($F=4,22$, $p=0,04$) и наличие лесных участков ($F=20,82$, $p=0,00001$). Средний размер фрагментов существенно влияет на выбор территории этого хищника в направлении сильного предпочтения крупных участков лугов (естественные луга, $F=12,25$, $p=0,0006$; сельскохозяйственная мозаика, $F=26,38$, $p=0,000001$) и кустарников ($F=11,59$, $p=0,0009$), и явного избегания больших лесных массивов ($F=5,76$, $p=0,02$).

Модель с наивысшим рейтингом ($\Delta AICc = 0,00$, вес = 0,25) включала количество участков леса, индекс разнообразия мест обитания, а также долю площади лесов и площади естественных пастбищ на территории, а модель с вторым рейтингом ($\Delta AICc = 0,29$, вес = 0,21) – только индекс разнообразия мест обитания, а также долю лесов и естественных пастбищ. По нашим оценкам, среднее значение объяснительных предикторов имеет только индекс разнообразия мест обитания. А площадь лесов и естественных лугов имела относительную важность для выбора гнездовой территории орла. Тем не менее индекс разнообразия мест обитания оказал самое сильное влияние в этом процессе ($p=0,0001$).

Литература

- Abuladze A., 1996. Lesser Spotted Eagle *Aquila pomarina* in Georgia // B.-U. Meyburg and R. D. Chancellor (Eds). Eagle studies WWGBP.- Berlin, London and Paris.- P.349-355.
- Abuladze A., 2001. Lesser Spotted Eagle *Aquila pomarina* in Transcaucasia // Acta Ornithoecologica, 4 (2-4).- P.321-324.
- Burgas D., Byholm P., Parkkima T., 2014. Raptors as surrogates of biodiversity along a landscape gradient // Journal of Applied Ecology, 51.- P.786–794.
- Demerdzhiev D., Stoychev S., Grozdanov A., Tonchev B., Stoynev E., Mitev I., 2007. Lesser Spotted Eagle *Aquila pomarina* // In: P. Iankov (Ed.) Atlas of

- breeding birds in Bulgaria, BSPB, Conservation series, Book 10.- Sofia.- P.158-159.
- Demerdzhiev D.A., Dobrev D.D., Arkumarev V.S., Terziev N.G., Georgiev G.S. 2019. Distribution, abundance and breeding performance of Lesser Spotted Eagle (*Clanga pomarina* Brehm 1831) (Aves: Accipitridae) in Southeast Bulgaria // Acta Zoologica Bulgarica, suppl. 14.- P.15-33.
- Donázar J.A., Cortés-Avizanda A., Fargallo J.A., Margalida A., Moleón M., Morales-Reyes Z., Moreno-Opo R., Pérez-García J.M., Sánchez-Zapata J.A., Zuberogoitia I., Serrano D., 2016. Roles of raptors in a changing world: from flagships to providers of key ecosystem services // Ardeola, 63.- P.181–234.
- Ferguson-Lees J., Christie D.A., 2001. Raptors of the world.- Christopher Helm, London.- 992 p.
- Löhmus A., 2005. Are timber harvesting and conservation of nest sites of forest-dwelling raptors always mutually exclusive? // Animal Conservation, 8.- P.443-450.
- Mirski P., 2009. Selection of nesting and foraging habitat by the Lesser Spotted Eagle *Aquila pomarina* (Brehm) in the Knyszynska forest (NE Poland) // Polish Journal of Ecology, 57.- P.581–587.
- Mirski P., 2010. Effect of selected environmental factors on hunting methods and hunting success in the Lesser Spotted Eagle *Aquila pomarina* in North-Eastern Poland // Russian Journal of Ecology, vol.41, 2.- P.197-200.
- Newton I., 1979. Population ecology of raptors.- T. And A.D. Poyser, Berkhamsted, U.K.- 383 p.
- Newton I., 1998. Population limitation in birds.- Academic Press, London.- 597 p.
- Poirazidis K., Bontzorlos V., Schindler S., Vasilakis D., 2019. Lesser Spotted Eagle population (*Clanga pomarina* Brehm 1831) (Aves: Accipitridae) trends and spatial use in respect to continuous landscape changes in Dadia-Lefkimi-Soufli National Park during the last 35 years // Acta Zoologica Bulgarica, suppl.14.- P.7-14.
- Poirazidis K., Goutner V., Tsachalidis E., Kati V., 2007. Comparison of nest-site selection patterns of different sympatric raptor species as a tool for their conservation // Animal Biodiversity and Conservation, 30 (2).- P.131–145.
- Sergio F., Newton I., Marchesi L., 2005. Top predators and biodiversity // Nature, 436.- P.192.
- Treinyš R., Skuja S., Augutis D., Stončius D., 2009. Nest-site use by Black Stork and Lesser Spotted Eagle in relation to fragmented forest cover: case study from Lithuania // Ekologija, vol. 55 (3-4).- P.182-188.
- Väli Ü., Belik V.P., Babkin I.G., 2009. The Lesser Spotted Eagle *Aquila pomarina* in the North Caucasus, Russian Federation: taxonomic status, genetic diversity, breeding density and nest site characteristics // Sandgrouse, 31.- P.122–127.
- Väli Ü., Tuvi J., Sein G., 2017. Agricultural land use shapes habitat selection, foraging and reproductive success of the Lesser Spotted Eagle *Clanga pomarina* // Journal of Ornithology, vol.158 (3).- P.841-850.
-