

УДК 598.598.241.2: 551.583: 574.34

УСПЕШНОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ СЕРЫХ ЖУРАВЛЕЙ (*GRUS GRUS*, GRUIFORMES, AVES) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ: ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ

© 2024 г. С. В. Волков^{а, *}, О. С. Гринченко^б, Т. В. Свиридова^а, А. В. Шариков^с

^аИнститут проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва, 119071 Россия

^бИнститут водных проблем РАН, Москва, 119333 Россия

^сМосковский педагогический государственный университет, Москва, 129164 Россия

*e-mail: owl_bird@mail.ru

Поступила в редакцию 05.09.2023 г.

После доработки 21.11.2023 г.

Принята к публикации 29.11.2023 г.

Прогнозы часто предполагают, что изменения условий, вызванные потеплением климата, будут иметь негативные последствия для динамики популяций многих видов птиц, но явные доказательства этого приводятся редко. Изменения сроков миграции и гнездования птиц, физического состояния гнездящихся особей установлены для широкого списка видов в большинстве регионов северного полушария, однако данных по последствиям, в первую очередь продуктивности размножения, пока недостаточно для выводов. Мониторинг возрастной структуры осенних предотлетных скоплений серых журавлей в Северном Подмоскowie показал, что, несмотря на потепление климата в регионе, доля молодых особей не изменилась за 30-летний период. Количество птенцов положительно связано с температурой гнездового сезона и отрицательно – с количеством осадков. В более теплые сезоны успешность размножения серых журавлей была выше, а в сезоны с большим количеством осадков снижалась. Таким образом, успешность размножения у данного вида контролируется двумя параметрами – количеством осадков и температурой воздуха в гнездовой сезон. При этом значимые тенденции в многолетней динамике обоих этих параметров отсутствуют. Наибольшая доля птенцов зарегистрирована в годы с комбинацией высоких температур воздуха и небольшим количеством осадков. Увеличение объема осадков и более холодные условия в гнездовой период приводят к сокращению доли птенцов в предотлетном скоплении. Самой неблагоприятной комбинацией для серых журавлей оказалось сочетание низких температур и большого количества осадков, в такие годы доля птенцов была минимальной.

Ключевые слова: изменение климата, фенотипическая пластичность, фенология, мониторинг, серый журавль, Журавлиная родина, успешность размножения, *Grus grus*

DOI: 10.31857/S0044513424020047, EDN: VXQNKС

Изменение климата, как одна из составляющих глобального изменения окружающей среды, затрагивающая все экосистемные уровни, наиболее выражено стало проявляться в последние несколько десятилетий. Масштаб и скорость происходящих изменений обуславливают быстрое формирование новых условий существования, перестройку связей, сложившихся в экосистемах (Aharon-Rotman et al., 2015; Шариков и др., 2019; Fufachev et al., 2019; Kouba et al., 2020). Последствия подобных перестроек могут приводить к расширению или сокращению ареалов, увеличению или снижению численности видов, вплоть до локального их вымирания (Венгероv, 2017; Butler et al., 2017;

Layton-Matthews et al., 2019; Kwon et al., 2019; Liu et al., 2020; Li et al., 2022).

Рост сезонных температур, более ранние сроки схода снежного покрова и наступления таких фенологических явлений, как весеннее развитие растений и беспозвоночных, приводят к сдвигу сроков миграции многих видов перелетных птиц в Северном полушарии. Эта тенденция широко отражена в литературе последних десятилетий (Соколов, 2006; Jonzén et al., 2006; Parmesan, 2007; Венгероv, 2015; Cohen et al., 2018; Lehikoinen et al., 2019; Рыжановский, Гилев, 2020 и мн. др.), однако последствия таких изменений и механизмы этих связей остаются не полностью ясными (Бурский, 2020).

Несмотря на то, что конкретные механизмы влияния потепления климата на изменения экологии отдельных видов еще мало изучены, некоторые последствия уже сейчас можно оценить через изменение ареалов, динамику численности и успех размножения. Однако для того чтобы уловить устойчивые тенденции, необходимы многолетние длительные наблюдения, охватывающие период не менее 20–30 лет. Мониторинг является ценным инструментом для определения развития и изменений популяции с течением времени, например, в связи с изменением ландшафта в результате воздействия человека или изменения климата.

Масштабное осушение водно-болотных угодий и интенсификация сельского хозяйства в XIX–XX вв. привели к сокращению численности или даже исчезновению многих видов околоводных и водоплавающих птиц в южных и центральных регионах европейской части России и ряде стран Западной Европы (Barwisch et al., 2022; Lehrmann, Nowald, 2023; Salvi, 2023). Так, серый журавль (*Grus grus* (Linnaeus 1758)) к середине XX в. находился в критическом состоянии – повсеместно сокращалась его численность, он исчез во многих европейских странах. Однако за последние 2–3 десятилетия этот вид восстановил свой гнездовой ареал, и наблюдается устойчивый рост его численности (Пранге, 2011; Leito et al., 2015; Orellana-Macías et al., 2020; Barwisch et al., 2022). В Центральном Нечерноземье серый журавль – широко распространенный мигрирующий вид (Sviridova et al., 2023). В предыдущих исследованиях мы показали, что изменения климата привели к смещению сроков весеннего прилета журавлей в этом регионе на более ранние календарные даты и к более позднему отлету птиц на зимовки (Волков и др., 2013; Volkov et al., 2017). Логично предположить, что более ранний прилет привел и к более раннему началу гнездования. Многими исследованиями показано, что птицы на разных широтах стремятся гнездиться как можно раньше, продуктивность размножения у пар, загнездившихся раньше, как правило, выше (Newton, 1998; Melfo et al., 2021). В последнее время это продемонстрировано и на сером журавле (Barwisch et al., 2022).

Из-за более раннего прилета весной и смещения сроков осенней миграции на более поздние сроки, длительность пребывания серых журавлей в гнездовых районах в Подмоскovie увеличилась почти на месяц (Волков и др., 2013; Volkov et al., 2017). Таким образом, у молодых птиц появилась возможность начинать свою первую миграцию в более старшем возрасте, соответственно – в лучшей физической форме. Теоретически отсрочка миграции должна была снизить смертность молодняка, от которой во многом зависят темпы пополнения популяции и, соответственно, роста численности, но это предположение пока сложно

проверить из-за неполных данных с мест зимовок серого журавля. В аналогичной ситуации в шпицбергенской и российской популяциях белошеких казарок (*Branta leucopsis*) в последние десятилетия отмечен взрывной рост численности. Потепление в местах гнездования послужило причиной смещения сроков осенней миграции на более поздние даты, снижению смертности на пролете и последующему росту доли молодых птиц на зимовках. Также увеличилась доля первогодков, приступающих к гнездованию уже на следующий год, хотя в норме первое гнездование у белошеких казарок происходит на 2–3-й год (Eichhorn et al., 2006; Layton-Matthews et al., 2019; Rozenfeld et al., 2021). Численность серых журавлей также значительно возросла в последние три десятилетия, места зимовок вида существенно сместились ближе к гнездовым районам (Пранге, 2011; Barwisch et al., 2022; Lehrmann, Nowald, 2023; Salvi, 2023), в результате чего сократилась протяженность миграционных маршрутов, а, следовательно, снизился риск гибели во время перелета.

Фенотипическая пластичность и приспособленность – два ключевых механизма, с помощью которых происходит адаптация к тем или иным изменениям окружающей среды, в т.ч. климатическим. Однако относительные роли и взаимодействие между ними до сих пор не определены (Vinton et al., 2022). Хорошо известно, что старт весенних биологических процессов развития природы начинается не раньше, чем температурные условия достигнут определенного порога (Tuhkanen, 1980; Бурский, 2020). Дальнейшее развитие может идти под контролем иных факторов или даже независимо от внешних условий, путем самоорганизации процессов (Бурский, 2020). Так, ближние мигранты способны приступать к более раннему размножению при раннем наступлении весны, однако в поздние сезоны возможности отсрочки размножения реализуются в ограниченных пределах, сроки откладки яиц (по сравнению с нормальными сроками) переносятся на более поздний период, но начинается откладка зачастую еще до наступления оптимальных условий (Бурский, 2020; Volkov, Pozdnyakov, 2021). Таким образом, норма реакции на экстремальные фенологические отклонения имеет определенные пределы. При выраженном долговременном тренде потепления тенденция к более раннему гнездованию сохраняется даже в годы с отклонениями в сторону запаздывания средних сроков.

На основе 30-летних наблюдений мы попытались найти связи между изменениями климата в нашем регионе и успешностью размножения серых журавлей. Успешность размножения мы оценивали по доле молодых птиц в предлетном скоплении. Изменения климата не ограничиваются исключительно ростом температуры, этот процесс

более комплексный. Существенно меняются водный баланс, паводковый режим и другие параметры окружающей среды, которые могут оказывать не меньшее влияние на успешность размножения, чем температура. Принимая во внимание биологию серых журавлей, в частности наземное гнездование в заболоченных местообитаниях, мы предположили, что погодные условия (среднесуточные температуры и количество осадков) в гнездовой сезон влияют на результативность размножения, которую можно оценить по доле птенцов в конце сезона, когда птицы собираются в предмиграционные скопления. При наличии устойчивых тенденций в многолетней динамике погодных параметров можно прогнозировать положительные или отрицательные последствия для численности популяции серых журавлей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Район исследований расположен на севере Московской обл., в пределах южной части Верхневолжской низменности, на стыке Дубненской низменности и Талдомской возвышенности, в заказнике “Журавлиная родина” и на сопредельных территориях (56°45' с. ш., 37°45' в. д.). В настоящее время здесь гнездятся от 71 до 85 пар серых журавлей, а с августа и до второй декады октября формируется предмиграционное скопление численностью от 800 до 1310 особей (Конторщиков и др., 2014; Гринченко, 2019). Это скопление объединяет птиц, гнездящихся на изучаемой территории и в близлежащих районах. Изучение этой гнездовой группировки и предотлетного скопления начато в конце 1970-х гг. (Зубакин и др., 1982; Smirnova et al., 1999; Гринченко и др., 2015). Наиболее крупные этапы хозяйственных преобразований в регионе (осушительная мелиорация, укрупнение полей, кризис сельскохозяйственного производства), оказавшие влияние на численность журавлей, охарактеризованы в ряде более ранних публикаций (Smirnova et al., 1999; Свиридова и др., 2006, 2016; Grinchenko et al., 2020).

Учеты журавлей в предотлетном скоплении проводили с периодичностью 3–7 дней в местах массового перелета птиц с мест кормежки на ночевки и обратно, а также при объездах территории, во время которых подсчитывали количество птиц в стаях и определяли возрастной состав. Сведения собраны на площади около 300 км². В анализ вошли данные, собранные с 1994 по 2023 г.

Метеоданные. Анализируемые метеорологические показатели рассчитаны по данным ближайшей к району наших исследований метеостанции в г. Тверь (ID-27402, 56°51' с. ш., 35°55' в. д.), полученным из источников NOAA Climate Prediction Center (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>) и Расписание погоды 5 (<https://gp5.ru>). Данные по гидрологии

(подневной расход воды) для основной местной водной артерии р. Дубны, гидропоста в пгт. Вербилки (№ 75079, 56°31' с. ш., 37°35' в. д.), получены из ФГБУ “Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных” (<http://meteo.ru>). Не все использованные параметры имеют одинаково полные ряды данных, мы старались включать в анализ те из них, которые имеют максимально непрерывные ряды наблюдений. Наличие тенденций проверяли как для всего календарного года, так и для отдельных периодов: для каждого из весенне-летних месяцев и для гнездового периода в целом, за который мы принимали временной промежуток с 15 апреля по 31 июля.

Статистика. Анализ проведен с использованием пакета R (версия 4.3.0) (R Development Core Team, 2023) и Statistica (версия 12.0). Наличие тенденций во временных рядах данных тестировали с помощью теста Манн–Кендалла, пакет “trend” (Pohlert, 2018). Для проверки наличия корреляции доли птенцов в предотлетном скоплении с климатическими и погодными параметрами использован метод обобщенных линейных моделей (GLM). Группировка и ординация факторов проводилась методом главных компонент. Для проверки равенства медиан нескольких выборок использовали непараметрический критерий Краскела–Уоллиса, для оценки различий между парными независимыми выборками применяли непараметрический U-критерий Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Температура. За период 1950–2023 гг. среднегодовая температура в регионе достоверно возросла (Манн–Кендалл тест: $\tau = 0.51$, $p < 0.0001$), эта тенденция проявляется как при рассмотрении длительного временного ряда, так и на более коротком промежутке времени наших исследований 1994–2023 гг. (табл. 1). Возрастание среднегодовых температур происходит в первую очередь за счет потепления зимних месяцев: для января ($\tau = 0.29$, $p < 0.002$), февраля ($\tau = 0.21$, $p < 0.02$). Рост температур весенних и летних месяцев (март – август) не выражен. Отмеченный ранее, за период 1950–2009 гг., положительный тренд смещения дат перехода среднесуточных температур воздуха через 0°C на более ранние сроки (Волков и др., 2013), на расширенном временном ряде, с добавлением данных за 2010–2023 гг. не проявляется ($\tau = 0.04$, $p < 0.6$), хотя для последних 30 лет, периода наших исследований, этот тренд по-прежнему остается достоверным ($\tau = 0.26$, $p < 0.05$). Изменение тренда намечилось уже в 2009–2010 гг., за которыми началась череда лет, нарушавших выявленную ранее тенденцию (рис. 1). Тенденция перехода минимальных (ночных) температур через 0°C весной на более ранние даты достоверна ($\tau = -0.31$, $p < 0.02$).

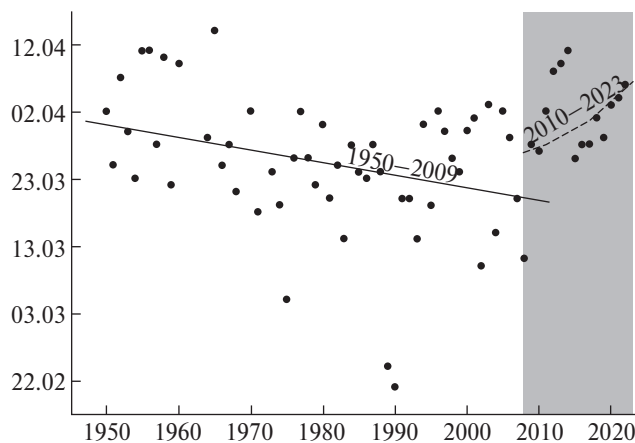


Рис. 1. Даты перехода среднесуточных температур воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 1950–2023 гг. Положительный тренд, характерный для периода 1950–2009 гг. (Волков и др., 2013), изменился в 2010–2023 гг. (выделен серой областью).

Ход весеннего периода во многом определяет сроки прилета птиц, длительность предгнездового периода и даты начала откладки яиц, а также начало развития большинства весенних фенологических явлений. Поэтому, помимо стандартных температурных показателей, для характеристики хода весеннего периода использовали дополнительные параметры: количество дней между устойчивым переходом среднесуточных и минимальных температур через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T_0 - T_{\min}$), количество дней между переходами среднесуточных температур через 0 и через $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T_0 - T_5$), количество дней между переходом среднесуточных температур через $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и минимальных температур $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T_5 - T_{\min}$). Эти показатели в комплексе хорошо характеризуют темпы развития весенних фенологических явлений, а изменения каждого из них в период наших исследований демонстрируют достоверные тенденции (табл. 1). Количество дней между переходом среднесуточных и минимальных температур через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ заметно сокращается (рис. 2), в последнее десятилетие оно в среднем составляет 12 ± 8.9 дней, тогда как в предыдущие 2 десятилетия в среднем было 36 ± 18.7 дней, различия медиан по пятилеткам достоверны (критерий Краскела–Уоллиса: $H_{5;30} = 15.9$, $p < 0.007$). Эта тенденция показывает принципиальные изменения в фенологии весны, сокращение периода собственно весны и быстрое наступление летней фазы, раньше нормы на 18–25 дней.

Сход снежного покрова. До 2009 г. для северного Подмосквья выявлена тенденция более раннего схода снега, разница между 1950–1960 гг. и 1990–2000 гг. составляла 10–11 дней (Волков и др., 2013). Однако с добавлением данных за 2010–2023 гг. тенденция уже не прослеживается (Манн–Кендалл тест: $\tau = 0.01$, $p = 0.9$) (табл. 1). В значительной

мере это обусловлено изменением температурных трендов в 2009–2010 гг. (рис. 1 и 2) и серией относительно поздних холодных весен в последнем десятилетии.

Осадки. Многолетние изменения количества осадков, выпадающих в разные месяцы гнездового периода, разнонаправлены (табл. 1). В мае и июле наблюдается слабая тенденция сокращения количества осадков, в июне, наоборот, количество осадков увеличивается. В целом за гнездовой период выраженных тенденций нет (Манн–Кендалл тест: $\tau = 0.01$, $p = 0.9$). Изменения лучше проявляются при рассмотрении более длительного ряда данных, на более коротком отрезке наших исследований они выражены слабо (табл. 1). Несмотря на то, что объем осадков в течение гнездового сезона не имеет стабильной тенденции изменений, количество дней с осадками существенно возрастает ($\tau = 0.39$, $p < 0.003$).

Паводок. За период 1961–2021 гг. годовой расход воды в р. Дубна значительно увеличился (Манн–Кендалл тест: $\tau = 0.19$, $p < 0.036$), но за время наших исследований этой тенденции не было (табл. 1). Можно отметить, что до 1990–1992 гг. происходил выраженный рост объема годового расхода воды, затем начался период постепенного снижения стока, который продолжается и на современном этапе. Как и с температурой, наиболее заметные изменения характерны для зимних месяцев – увеличение стока произошло в декабре ($\tau = 0.31$, $p < 0.0001$), январе ($\tau = 0.46$, $p < 0.0001$), феврале ($\tau = 0.49$, $p < 0.0001$) и марте ($\tau = 0.4$, $p < 0.0001$). В сезон гнездования птиц (апрель–июль) тренды отсутствуют.

Успешность размножения. От сезона к сезону доля птенцов в предотлетном скоплении колебалась от 9.5 до 23.9 %, составляя в среднем 16.1 ± 4.1 % (медиана 15.4, $n = 30$). Доля молодых постепенно увеличивалась, но эта тенденция слабая (Манн–Кендалл тест: $\tau = 0.14$, $p = 0.28$; рис. 3).

Успешность размножения не зависела ни от фенологии весны (даты схода снега: GLM: $\beta = 0.14$, $p < 0.46$; даты перехода среднесуточных температур выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: $\beta = 0.05$, $p < 0.8$), ни от дат прилета первых серых журавлей ($\beta = -0.02$, $p < 0.9$). Результаты анализа влияния выбранных параметров представлены в табл. 2.

Анализ метеорологических и гидрологических факторов позволил выявить значимые предикторы, влияющие на результативность размножения серых журавлей в минувшем сезоне. Наиболее важными из них оказались факторы, характеризующие условия в течение гнездового сезона: средняя температура воздуха (GLM: $\beta = 0.5$, $p < 0.005$) и количество осадков ($\beta = -0.45$, $p < 0.01$ (рис. 4)).

Анализ значимости факторов. Для проверки значимости факторов, влияющих на успешность размножения серых журавлей, методом главных

Таблица 1. Тенденции изменений (Манн–Кендалл тест, τ) климатических, погодных и гидрологических параметров за разные периоды

Параметры	Периоды анализа	
	1950–2023	1994–2023
Объем речного стока *		
среднегодовой	0.19, $p < 0.036$	–0.03, ns
средняя за гнездовой сезон	–0.03, ns	–0.03, ns
в мае	–0.01, ns	–0.03, ns
в июне	0.16, ns	–0.12, ns
в июле	0.13, ns	–0.03, ns
Температура		
среднегодовая	0.52, $p < 0.0001$	0.42, $p < 0.001$
средняя за гнездовой сезон	0.27, $p < 0.001$	–0.01, ns
в мае	0.11, ns	0.11, ns
в июне	0.11, ns	0.08, ns
в июле	0.24, $p < 0.004$	–0.02, ns
Жидкие атмосферные осадки		
количество осадков за гнездовой сезон	0.01, ns	0.09, ns
дней с осадками за гнездовой сезон	Нет данных	0.36, $p < 0.005$
сумма осадков в мае	–0.07, ns	–0.09, ns
в июне	0.19, $p < 0.05$	–0.02, ns
в июле	–0.07, ns	0.02, ns
Фенологические параметры		
сход снежного покрова	0.001, ns	0.08, ns
переход среднесуточных температур через 0°C	0.4, ns	0.26, $p < 0.05$
переход среднесуточных температур через 5°C	Нет данных	–0.1, ns
переход минимальных суточных температур через 0°C	Нет данных	–0.32, $p < 0.02$
$\Delta T_0 - T_{\min}$	Нет данных	–0.38, $p < 0.004$
$\Delta T_0 - T_5$	Нет данных	–0.27, $p < 0.04$
$\Delta T_5 - T_{\min}$	Нет данных	–0.27, $p < 0.04$

Примечания. * доступны данные за 1961–2021 гг.

1950–2023 гг. – период доступных наблюдений, 1994–2023 – период наших исследований. Жирным шрифтом выделены статистически достоверные тенденции ($p < 0.05$), ns – статистически недостоверно.

$\Delta T_0 - T_{\min}$ – количество дней между датами перехода среднесуточных температур и минимальных суточных температур через 0 °С, $\Delta T_0 - T_5$ – количество дней между датами перехода среднесуточных температур через 0 °С и через 5 °С, $\Delta T_5 - T_{\min}$ – количество дней между датами перехода среднесуточных температур через 5 °С и минимальных суточных температур через 0 °С.

компонент проведено объединение анализируемых параметров в два обобщающих фактора (рис. 5).

Параметры, характеризующие температурные условия (средняя температура за гнездовой сезон, средняя температура июня, средняя температура мая, количество дней между датами перехода через 0°C среднесуточных температур и минимальных суточных температур) попали в первый фактор (F1, рис. 5). Максимальным положительным влиянием обладает параметр, характеризующий среднюю

температуру за гнездовой сезон: чем она выше, тем выше доля птенцов в предлетнем скоплении. Второй фактор (F2, рис. 5) объединяет параметры, в основном характеризующие увлажненность сезона (объем речного стока в мае, объем речного стока в целом за гнездовой сезон, сумма осадков за июнь и за май, сумма осадков за гнездовой сезон). Сумма осадков за гнездовой сезон имела наибольшее отрицательное влияние: чем больше количество осадков выпадало, тем ниже оказывался успех размножения у серого журавля.

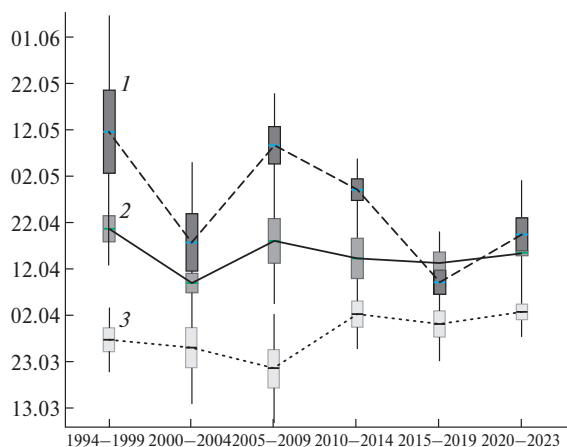


Рис. 2. Тенденции изменения фенологического хода весны: дат перехода минимальных суточных температур через 0 °С (1), среднесуточных температур через 5 °С (2) и через 0 °С (3).

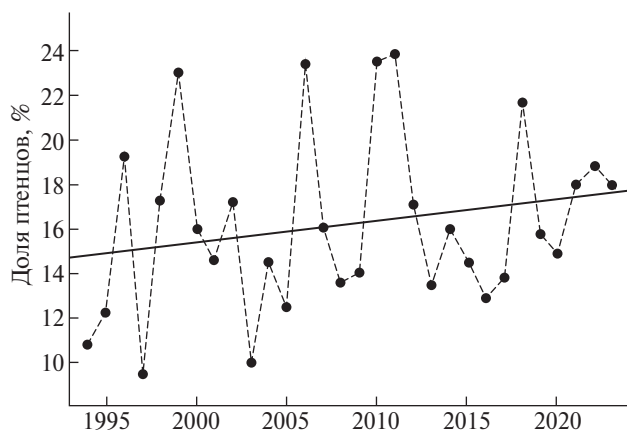


Рис. 3. Доля птенцов серых журавлей в предлётном скоплении в 1994–2023 гг.

Таблица 2. Влияние параметров окружающей среды на успешность размножения серого журавля в северном Подмоскowie в 1994–2023 гг. ($n = 30$, метод обобщенных линейных моделей).

Параметры	β	p
Фенология среды		
сход снежного покрова	0.14	0.5
переход среднесуточных температур через 0 °С	0.05	0.8
переход среднесуточных температур через 5 °С	-0.26	0.2
переход минимальных суточных температур через 0 °С	-0.20	0.3
ΔT_{av-min}	-0.19	0.3
ΔT_{av-5}	-0.23	0.2
ΔT_{min-5}	-0.08	0.7
Параметры среды в течение гнездового сезона		
средняя температура за гнездовой сезон	0.50	< 0.005
количество осадков за гнездовой сезон	-0.45	< 0.01
количество дней с осадками за гнездовой сезон	0.08	0.7
объем речного стока за гнездовой сезон*	-0.16	0.4
солнечная активность за гнездовой сезон	0.06	0.8
индекс атмосферной циркуляции EA/WR	-0.25	0.2
Параметры среды за отдельные месяцы		
осадки в мае	-0.13	0.5
осадки в июне	-0.24	0.2
осадки в июле	-0.12	0.5
температура в мае	0.19	0.3
температура в июне	0.46	< 0.001
температура в июле	0.38	< 0.04

Примечания. $\Delta T_0 - T_{min}$ – количество дней между датами перехода среднесуточных температур и минимальных суточных температур через 0 °С, $\Delta T_0 - T_5$ – количество дней между датами перехода среднесуточных температур через 0 °С и через 5 °С, $\Delta T_5 - T_{min}$ – количество дней между датами перехода среднесуточных температур через 5 °С и минимальных суточных температур через 0 °С. Жирным шрифтом выделены статистически достоверные корреляции ($p < 0.05$).

* анализируемый период 1994–2021 гг.

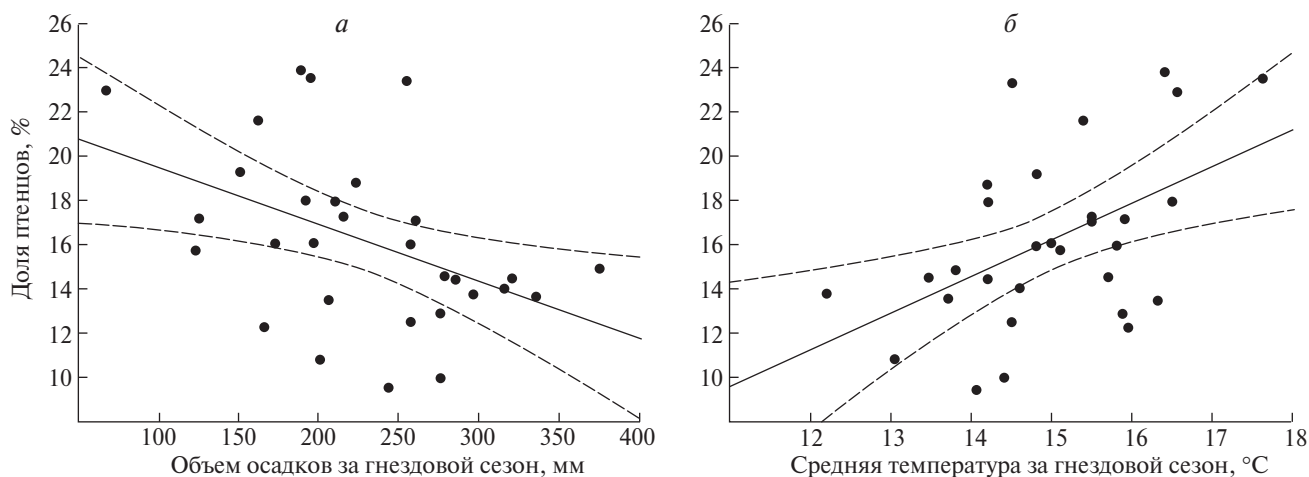


Рис. 4. Корреляция доли птенцов серых журавлей в предотлетном скоплении с параметрами погоды в течение гнездового сезона: *а* – отрицательная корреляция с количеством осадков ($p < 0.01$), *б* – положительная корреляция с температурой ($p < 0.005$).

Поскольку два наиболее значимых параметра – средняя температура воздуха и количество осадков за гнездовой сезон – имеют противоположное влияние на успешность размножения, была проведена ординация, которая позволила детализировать совместное влияние этих факторов. В каждом из факторов рассматривали по 2 варианта: больше среднемноголетнего значения / меньше среднемноголетнего значения, в результате такое сочетание параметров дает 4 возможные комбинации: *I* – годы с большим количеством осадков и низкими температурами, *II* – годы с большим количеством осадков и высокими температурами, *III* – годы с небольшим количеством осадков и низкими температурами, *IV* – годы с небольшим количеством осадков и высокими температурами (рис. 6).

Больше всего птенцов (12.3–23.9 %, среднее \pm SD: $18.7 \% \pm 4.2$, $n = 10$) было в годы с комбинацией высоких температур и небольшого количества осадков. В годы с небольшим количеством осадков и низкими температурами доля птенцов меньше (10.8–19.3 %, среднее \pm SD: $16.2 \% \pm 3.4$, $n = 6$). Еще значительнее доля птенцов сокращается в годы с большим количеством осадков: как при относительно высокой температуре воздуха (12.9–17.1, среднее \pm SD: $14.9 \% \pm 2.1$, $n = 3$), так и при низкой (9.5–16.0 %, среднее \pm SD: $13.3 \% \pm 1.9$, $n = 11$). Самой неблагоприятной комбинацией для серых журавлей оказалось сочетание низких температур и большого количества осадков, в такие годы доля птенцов была минимальной (рис. 6б). Различия выборки подтверждаются статистически (критерий Краскела–Уоллеса: $H_{3;30} = 9.7$, $p < 0.02$). Парное сравнение выборки для сезонов с высоким и низким количеством осадков показало достоверную разницу между ними в результативности

размножения (критерий Манна–Уитни: $Z = -2.9$, $p < 0.003$). Различия сезонов, сгруппированных по температуре, также показывает достоверную разницу между годами с высокими и низкими температурами ($Z = -2.2$, $p < 0.028$).

ОБСУЖДЕНИЕ

В ответ на потепление климата сроки весеннего прилета серого журавля в северное Подмосковье сместились на более ранние даты (Волков и др., 2013). Эта тенденция спустя 10 лет по-прежнему остается значимой (Манн–Кендалл тест: $\tau = -0.34$, $p < 0.001$, $n = 30$), несмотря на то, что в последнее десятилетие потепление в нашем регионе менее выражено и тренды для таких важных параметров, как даты схода снега и перехода среднесуточных температур через 0°C , уже статистически не подтверждаются. Однако тенденция более раннего прилета у серых журавлей сохраняется, что, вероятно, свидетельствует о том, что сроки миграции в значительной степени определяются предыдущим опытом.

Хотя некоторые погодно-климатические тенденции стали менее выраженными, стоит обратить внимание на значительные изменения хода и продолжительность весеннего периода. Длительность собственно весны – промежутка времени между днями устойчивого перехода среднесуточных температур и минимальных суточных температур через 0°C – сокращается. То есть происходит укорочение метеорологической весны, режим летнего течения температур стал наступать гораздо раньше. Дата перехода минимальных суточных температур в положительную зону, по мнению Маркина (2013), служит “стартовым днем” для серых журавлей, т. е. только после этого перехода в организме самки

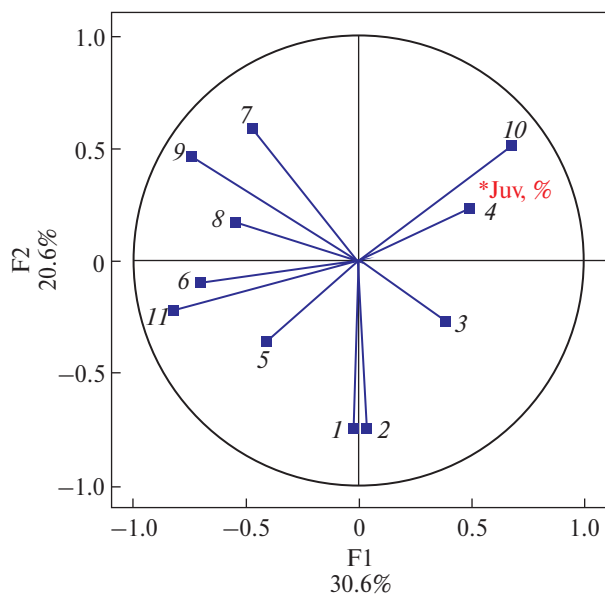


Рис. 5. Результаты объединения параметров методом главных компонент в два фактора: 1 – количество дней между датами перехода среднесуточных температур через 0 °C и через 5 °C; 2 – количество дней между датами перехода через 0 °C среднесуточных температур и минимальных суточных температур; 3 – средняя температура мая, 4 – средняя температура июня, 5 – сумма осадков за май, 6 – сумма осадков за июнь, 7 – объем речного стока в мае, 8 – объем речного стока в июне, 9 – сумма осадков за гнездовой период, 10 – средняя температура за гнездовой период, 11 – сумма осадков за гнездовой период, *juv – доля птенцов в предлётном скоплении.

начинается процесс формирования первого яйца, занимающий около 10–14 дней. Теоретически можно предполагать, что более раннее наступление периода с положительными минимальными (ночными) температурами должно благоприятно отразиться на сроках начала гнездования у рано прилетающих мигрантов, в т. ч. и серого журавля. При этом вероятность возврата отрицательных температур во II–III декадах апреля, на которые приходится переход минимальных суточных температур через 0 °C в последнее время, намного выше, чем в I–II декадах мая – среднемноголетнем значении переход минимальных суточных температур через 0 °C. То есть сдвиг сроков начала гнездования пропорционально температурным сдвигам увеличивает риск гибели кладок в случае аномальных погодных явлений. Так, например, у скворцов (*Sturnus vulgaris*) средние сроки откладки яиц значительно сместились на более ранние даты в результате потепления весны, однако возвратные холода после начала насиживания приводят к потере значительного количества кладок в естественных биотопах

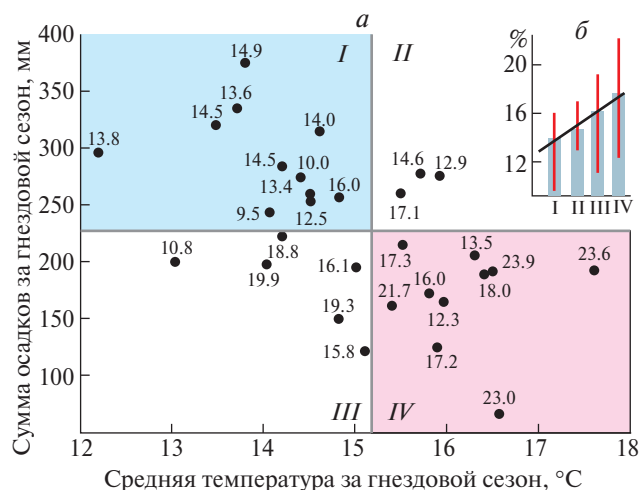


Рис. 6. Совместное влияние температуры и осадков на успешность размножения серого журавля, 1994–2023 гг. (голубым цветом показаны годы с неблагоприятным сочетанием осадков и температурами, розовым – благоприятным): а – ординация распределения успешности размножения, точки на графиках соответствуют конкретному году, цифрой рядом обозначена доля птенцов серых журавлей в предлётном скоплении; б – тенденции изменения доли птенцов серых журавлей в разные сезоны, сгруппированные по результатам ординации (различия достоверны, критерий Краскела–Уоллиса: $H_{3;30} = 9.7$, $p < 0.02$). Годы: I – с большим количеством осадков и низкими температурами, II – с большим количеством осадков и высокими температурами, III – с небольшим количеством осадков и низкими температурами, IV – с небольшим количеством осадков и высокими температурами.

(Куранов и др., 2022), несмотря на закрытый тип гнездования в дуплах.

Потепление климата вызвало широкий отклик в популяциях мигрирующих птиц в Северном полушарии. Хорошо документирован сдвиг сроков сезонных миграций у большого числа исследованных видов (Гордиенко, Соколов, 2006; Parmesan, 2007; Венгеров, 2011, 2015; Волков и др., 2013; Ge et al., 2015; Захаров, 2016; Соколов и др., 2017; Cohen et al., 2018; Рыжановский, Гилев, 2019, 2020; Бурский, 2020; Hällfors et al., 2020; Romano et al., 2022 и др.), однако оказывает ли этот сдвиг негативное или позитивное влияние на состояние популяций – актуальный вопрос. Более ранний прилет, а в ряде случаев и более раннее гнездование, могут и не иметь существенного влияния на итоговую продуктивность вида. Даже в случае ухудшения физического состояния в результате потепления, к примеру, снижения массы тела, падение продуктивности не происходило (McLean et al., 2020; Trapote et al., 2023). В появившихся в последнее время публикациях показаны противоречивые

тенденции: с одной стороны, за последние полвека происходит увеличение продолжительности гнездового сезона (Halupka, Halupka, 2017; Volkov et al., 2017; Бурский, 2020; Hällfors et al., 2020; Rozenfeld et al., 2021), а с другой — продуктивность у одних видов сокращается, а у других видов увеличивается (Halupka et al., 2020, 2023; McLean et al., 2020; Volkov, Pozdnyakov, 2021; Trapote et al., 2023).

Продуктивность размножения серых журавлей в районе наших исследований существенно не изменилась за 30 лет, несмотря на устойчивую тенденцию повышения среднегодовых температур воздуха. Однако в период гнездового сезона многолетние изменения климата проявляются слабо. Тем не менее, установленная нами зависимость успешности размножения журавлей от температуры и количества осадков в течение гнездового сезона дает возможность аргументированно прогнозировать, как будет меняться состояние популяции в случае усиления тенденций потепления и сокращения осадков.

Влияние осадков и температуры на успешность размножения журавлей, гнездящихся на земле в сильно заболоченных местообитаниях, было ожидаемо. Возрастание количества осадков приводит к снижению результативности размножения в северном Подмосковье. Чем больше осадков, тем ниже доля птенцов. Сходные результаты получены для канадских журавлей (*Antigone canadensis*), увеличение количества осадков в период размножения приводит к сокращению численности молодых в конце сезона, что, вероятно, обусловлено затоплением гнездовых местообитаний и гибелью гнезд (Laune, 1983; Ivey, Dugger, 2008), а также увеличением риска смертности птенцов от переохлаждения (Chavez-Ramirez, Wehtje, 2012). Такая же тенденция отмечена и у американского журавля (*Grus americana*), большее количество осадков во время размножения приводит к меньшему пополнению популяции (Butler et al., 2017). Впрочем, не во всех исследованиях авторы получали подтверждения влияния климата на успешность размножения серых журавлей, в германской популяции такая связь отсутствовала (Barwisch et al., 2022). В сравнении с умеренной лесной зоной, в степных регионах, отличающихся более засушливым климатом и высокими температурами, успешность размножения канадских журавлей была связана с погодными условиями противоположным образом. Увеличение количества осадков приводило к росту продуктивности размножения, тогда как жаркая погода, напротив, влияла отрицательно (Cox et al., 2020; Woolley, 2021).

Таким образом, полученные нами результаты, в сравнении с исследованиями из других регионов, показывают наличие определенного оптима погодных условий, который определяет возможность успешного размножения журавлей, а в целом — определяет географическое распространение группы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны большому коллективу научных сотрудников, студентов и аспирантов, принимавших активное участие в сборе первичных материалов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института проблем экологии и эволюции РАН, в рамках тем “Фундаментальные проблемы охраны живой природы и рационального использования биоресурсов” (0089-2021-0010, FFER-2024-0022) и “Экологические и эволюционные аспекты поведения и коммуникации животных” (0089-2021-0004, FFER-2024-0013), а также за счет средств бюджета Института водных проблем РАН в рамках государственной темы “Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий” (FMWZ-2022-0002).

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют экспериментальные и лабораторные исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бурский О.В., 2020. Смещение сроков гнездования птиц в центральной Сибири в связи с потеплением климата: фенотипическая пластичность или генетический сдвиг? // Журнал общей биологии. Т. 81. № 3. С. 208–222.
- Венгеров П.Д., 2011. Влияние изменений климата на сроки прилета и размножения певчего дрозда (*Turdus philomelos*) и зяблика (*Fringilla coelebs*) в Воронежской области // Успехи современной биологии. Т. 131. № 4. С. 416–424.
- Венгеров П.Д., 2015. Сроки весеннего прилета птиц в Воронежский заповедник на фоне длительных климатических изменений // Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. № 3 (200). Вып. 30. С. 82–92.
- Венгеров П.Д., 2017. Влияние роста весенней температуры воздуха на сроки и продуктивность размножения певчего дрозда (*Turdus philomelos* S.L. Vrehm) в условиях лесостепи русской равнины // Экология. № 2. С. 134–140.
- Волков С.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., 2013. Сроки прилета серого журавля (*Grus grus*) в северном Подмосковье и их связь с погодными

- и климатическими факторами // Зоологический журнал. Т. 92. № 7. С. 834–840.
- Гордиенко Н.С., Соколов Л.В., 2006. Долговременные изменения сроков прилета птиц в Ильменский заповедник // Известия Челябинского научного центра. Вып. 3 (33). С. 83–87.
- Гринченко О.С., 2019. Изменения численности и пространственной структуры миграционного скопления серых журавлей (*Grus grus*) на севере Подмосковья // Распространение и экология редких видов птиц Нечерноземного центра России. М. С. 86–89.
- Гринченко О.С., Волков С.В., Свиридова Т.В., 2015. Изменение гнездовой численности, фенологии миграции и структуры осеннего скопления серого журавля под влиянием погодных-климатических и антропогенных факторов // Журавли Евразии: биология, охрана, управление. Вып. 5. С. 212–225.
- Захаров В.Д., 2016. Влияние изменений климата на сроки прилета птиц в Ильменский заповедник (Южный Урал) // Экология. № 6. С. 455–460.
- Зубакин В.А., Волошина О.Н., Олексенко А.И., Панчешникова Е.Е., 1982. Серый журавль в Московской области и проблемы его охраны // Журавли в СССР. Л. С. 75–83.
- Конторщиков В.В., Гринченко О.С., Свиридова Т.В., Волков С.В., Шариков А.В. и др., 2014. Птицы Журавлиной родины и окрестностей: распространение и численность // Вестник Журавлиной родины. М. С. 5–170.
- Куранов Б.Д., Нехорошев О.Г., Килин С.В., 2022. Гнездовая биология обыкновенного скворца (*Sturnus vulgaris*, Passeriformes, Sturnidae) на юго-востоке Западной Сибири // Зоологический журнал. Т. 101. № 1. С. 79–93.
- Маркин Ю.М., 2013. Серый журавль в европейской части России // Труды Окского государственного природного биосферного заповедника. Вып. 29. Рязань. 118 с.
- Пранге Х., 2011. Увеличение численности популяции серого журавля в Европе и изменения на западно-европейском пролетном пути // Журавли Евразии (биология, распространение, миграции, управление). Вып. 4. С. 289–303.
- Рыжановский В.Н., Гилев А.В., 2019. Анализ даты начала прилета серой вороны *Corvus cornix* в нижнем Приобье и связь даты прилета с климатическими условиями // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. № 3. С. 331–336.
- Рыжановский В.Н., Гилев А.В., 2020. Об иерархии факторов, определяющих начало прилета воробьеобразных птиц (Passeriformes) в Приобскую лесотундру // Зоологический журнал. Т. 99. № 4. С. 436–449.
- Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Зубакин В.А., Конторщиков В.В. и др., 2006. Влияние интенсивности хозяйственной деятельности на птиц агроландшафтов северного Подмосковья // Развитие современной орнитологии в Северной Евразии / Труды XII Международной орнитол. конф. Северной Евразии. Ставрополь. С. 371–398.
- Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Кольцов Д.Б., 2016. Мониторинг птиц и их местообитаний в сельскохозяйственных ландшафтах северного Подмосковья: итоги 20-летних наблюдений // Птицы и сельское хозяйство современное состояние, проблемы и перспективы изучения. М. С. 268–277.
- Соколов Л.В., 2006. Влияние глобального потепления климата на сроки миграции и гнездования воробьиных птиц в XX веке // Зоологический журнал. Т. 85. № 3. С. 317–341.
- Соколов Л.В., Марковец М.Ю., Шаповал А.П., 2017. Долговременный мониторинг гнездовых и пролетных популяций птиц на Куршской косе Балтийского моря // Труды ЗИН РАН. Т. 321. № 1. С. 72–88.
- Шариков А.В., Волков С.В., Свиридова Т.В., Булаков В.В., 2019. Влияние трофического и погодных-климатических факторов на динамику численности птиц-миофагов в местах их размножения // Зоологический журнал. Т. 98. № 2. С. 203–213.
- Aharon-Rotman Y., Soloviev M., Minton C., Tomkovich P., Hassell C., Klaassen M., 2015. Loss of periodicity in breeding success of waders links to changes in lemming cycles in Arctic ecosystems // Oikos. V. 124. P. 861–870.
- Barwisch I., Mewes W., Ornés A.S., 2022. Long-term monitoring data reveal effects of age, population density, and environmental aspects on hatching success of Common Cranes (*Grus grus*) // Avian Research. V. 13. SP. 100040.
- Butler M.J., Metzger K.L., Harris G.M., 2017. Are whooping cranes destined for extinction? Climate change imperils recruitment and population growth // Ecology and Evolution. V. 7. P. 2821–2834.
- Chavez-Ramirez F., Wehtje W., 2012. Potential impact of climate change scenarios on whooping crane life history // Wetlands. V. 32. P. 11–20.
- Cohen J.M., Lajeunesse M.J., Rohr J.R., 2018. A global synthesis of animal phenological responses to climate change // Nature Climate Change. V. 8. P. 224–228.
- Cox W.A., Dellinger T., Kiltie R., Bankovich B., Tornwall B., 2020. Factors associated with local and statewide population trends of the Florida sandhill crane (*Antigone canadensis pratensis*) // Avian Conservation and Ecology. V. 15. № 1. P. 7.
- Eichhorn G., Afanasyev V., Drent R.H., van der Jeugd H.P., 2006. Spring stopover routines in Russian Barnacle Geese *Branta leucopsis* tracked by resightings and geolocation // Ardea. V. 94. P. 667–678.

- Fufachev I.A., Ehrlich D., Sokolova N.A., Sokolov V.A., Sokolov A.A.*, 2019. Flexibility in a changing arctic food web: Can rough-legged buzzards cope with changing small rodent communities? // *Global Change Biology*. V. 25. P. 3669–3679.
- Ge Q., Wang H., Rutishauser T., Dai J.*, 2015. Phenological response to climate change in China: A meta-analysis // *Global Change Biology*. V. 21. P. 265–274.
- Grinchenko O.S., Sviridova T.V., Kontorshchikov V.V.*, 2020. Long-term dynamics of ecosystems in the north of Moscow Region (rationale for creation of the “Crane Country” Nature Park) // *Ecosystems: ecology and dynamics*. V. 4. № 1. P. 138–169.
- Hällfors M.H., Antão L.H., Itter M., Lehikoinen A., Lindholm T., Roslin T., Saastamoinen M.*, 2020. Shifts in timing and duration of breeding for 73 boreal bird species over four decades // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. V. 117. № 31: 201913579.
- Halupka L., Arlt D., Tolvanen J., Millon A., Bize P., Adamík P. et al.*, 2023. The effect of climate change on offspring production in 201 avian populations: a global meta-analysis // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. V. 120. № 19: e2208389120.
- Halupka L., Czyż B., Macias Dominguez C.M.*, 2020. The effect of climate change on laying dates, clutch size and productivity of Eurasian Coots *Fulica atra* // *International Journal of Biometeorology*. V. 64. P. 1857–1863.
- Halupka L., Halupka K.*, 2017. The effect of climate change on the duration of avian breeding seasons: a meta-analysis // *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*. V. 284. № 1867. 20171710.
- Ivey G.L., Dugger B.D.*, 2008. Factors influencing nest success of greater sandhill cranes at Malheur National Wildlife Refuge, Oregon // *Waterbirds*. V. 31. P. 52–61.
- Jonzén N., Lindén A., Ergon T., Knudsen E., Vik J.O., et al.*, 2006. Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds // *Science*. V. 312. № 5782. P. 1959–1961.
- Kouba M., Bartoš L., Bartošová J., Hongisto K., Korpimäki E.*, 2020. Interactive influences of fluctuations of main food resources and climate change on long-term population decline of Tengmalm’s owls in the boreal forest // *Scientific Reports*. V. 10. 20429.
- Kwon E., Weiser E.L., Lanctot R.B., Brown S.C., Gates H.R. et al.*, 2019. Geographic variation in the intensity of warming and phenological mismatch between Arctic shorebirds and invertebrates // *Ecological Monographs*. V. 89. № 4. e01383.
- Layne J.N.*, 1983. Productivity of sandhill cranes in south central Florida // *Journal of Wildlife Management*. V. 47. P. 178–185.
- Layton-Matthews K., Hansen B.B., Grotan V., Fuglei E., Loonen M.J.J.E.*, 2019. Contrasting consequences of climate change for migratory geese: predation, density dependence and carryover effects offset benefits of high-arctic warming // *Global Change Biology*. V. 26. P. 642–657.
- Lehikoinen A., Lindén A., Karlsson M., Andersson A., Crewe T.L., Dunn E.H., et al.*, 2019. Phenology of the avian spring migratory passage in Europe and North America: asymmetric advancement in time and increase in duration // *Ecological Indicators*. V. 101. P. 985–991.
- Lehrmann A., Nowald G.*, 2023. The Crane population in Germany – new insights // *Proceedings of the X International Crane Conference*. Tartu. P. 71–79.
- Leito A., Külvik M., Bunc R.G.H., Ojaste I., Raet J., Villoslada M. et al.*, 2015. The potential impacts of changes in ecological networks, land use and climate on the Eurasian Crane population in Estonia // *Landscape Ecology*. V. 30. P. 887–904.
- Li M., Zhou H., Bai J., Zhang T., Liu Y., Ran J.*, 2022. Distribution of breeding population and predicting future habitat under climate change of Black-Necked Crane (*Grus nigricollis* Przevalski, 1876) in Shaluli Mountains // *Animals*. V. 12. № 19. 2594.
- Liu L., Liao J., Wu Y., Zhang Y.*, 2020. Breeding range shift of the red-crowned crane (*Grus japonensis*) under climate change // *PLOS ONE*. V. 15. e0229984.
- McLean N.M., van der Jeugd H.P., van Turnhout C.A.M., Lefcheck J.S., van de Pol M.*, 2020. Reduced avian body condition due to global warming has little reproductive or population consequences // *Oikos*. V. 129. № 5. P. 714–730.
- Meltofte H., Hansen J., Rigét F.*, 2021. Trends in breeding performance in wader populations at Zackenberg, high Arctic Greenland, in relation to environmental drivers 1996–2018 // *Polar Biology*. V. 44. P. 1939–1954.
- NOAA Climate Prediction Center, <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>
- Newton I.*, 1998. Population Limitation in Birds. London: Academic Press. 597 p.
- Orellana-Macías J.M., Bautista L.M., Merchán D., Casapé J., Alonso J.*, 2020. Shifts in crane migration phenology associated with climate change in southwestern Europe // *Avian Conservation and Ecology*. V. 15. 16.
- Parmesan C.*, 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming // *Global Change Biology*. V. 13. P. 1860–1872.
- Pohlert T.*, 2018. Trend: non-parametric trend tests and change-point detection. R package version 1.1.5. <https://CRAN.R-project.org/package=trend>
- Romano A., Garamszegi L.Z., Rubolini D., Ambrosini R.*, 2022. Temporal shifts in avian phenology across the circannual cycle in a rapidly changing climate: a global meta-analysis // *Ecological Monographs*. V. 93. № 1. e1552.
- Rozenfeld S.B., Volkov S.V., Rogova N.V., Kirtaev G.V., Soloviev M.Yu.*, 2021. The impact of changes in breeding

- conditions in the Arctic on the expansion of the Russian population of the Barnacle Goose (*Branta leucopsis*) // *Biology Bulletin*. V. 48. № 9. P. 1528–1540.
- Salvi A., 2023. Evolution of the status of the Common Crane *Grus grus* in France from the 1970s to the present day // *Proceedings of the X International Crane Conference*. Tartu. P. 80–96.
- Smirnova E.V., Aksenova A.B., Sviridova T.V., Konovalova T.V., Grinchenko O.S., Zubakin V.A., 1999. The staging area of the Common Crane in the light of landscape and land use history in the Moscow region // *Proceedings of the 3rd European Crane Workshop 1996 and actual papers*. Halle–Wittenberg. P. 169–171.
- Sviridova T.V., Grinchenko O.S., Wikelski M., Ilyashenko E.I., 2023. Geographical connectivity, migration routes, and wintering grounds of the Common Crane in the Northern Moscow Region // *Arid Ecosystems*. V. 13. № 2. P. 196–207.
- Trapote E., Canestrari D., Baglione V., 2023. Effects of meteorological conditions on brood care in cooperatively breeding carrion crow and consequences on reproductive success // *Frontiers in Zoology*. V. 20. 24.
- Tuhkanen S., 1980. Climatic parameters and indices in plant geography // *Acta Phytogeographica Suecica*. V. 67. № 8. P. 1–110.
- Vinton A.C., Gascoigne S.J.L., Sepil I., Salguero-Gómez R., 2022. Plasticity's role in adaptive evolution depends on environmental change components // *Trends in Ecology & Evolution*. V. 37. № 12. P. 1067–1078.
- Volkov S.V., Grinchenko O.S., Sviridova T.V., 2017. The effects of weather and climate changes on the timing of autumn migration of the Common Crane (*Grus grus*) in the North of Moscow Region // *Biology Bulletin*. V. 43. № 9. P. 1203–1211. DOI: 10.1134/S1062359016110170
- Volkov S.V., Pozdnyakov V.I., 2021. Effects of environmental conditions on spring arrival, the timing of nesting and the reproductive effort of Ross's Gull (*Phodostethia rosea*) in the Delta of Lena River, Yakutia // *Biology Bulletin*. V. 48. № 8. P. 176–185.
- Woolley H.W., 2021. Ecological factors influencing population dynamics of the Mississippi Sandhill Crane, *Grus canadensis pulla* // *Theses and Dissertations*. University of New Orleans 2927. <https://scholarworks.uno.edu/td/2927>

BREEDING SUCCESS OF EURASIAN CRANES (*GRUS GRUS*, GRUIFORMES, AVES) IN THE CONDITIONS OF A CHANGING ENVIRONMENT: THE IMPACT OF CLIMATIC AND HYDROMETEOROLOGICAL TRENDS

S. V. Volkov^{1,*}, O. S. Grinchenko², T. V. Sviridova¹, A. V. Sharikov³

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia*

²*Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119333 Russia*

³*Moscow Pedagogical State University, Moscow, 129164 Russia*

*e-mail: owl_bird@mail.ru

Theoretical predictions usually assume that changes in conditions caused by climate warming would render negative effects on the population dynamics of many bird species, but evidence is only rarely presented. Changes in phenology, nesting timing, and the physical condition of breeders have been published for a wide range of species in most regions of the Northern Hemisphere; however, data are still insufficient for a better understanding of the consequences for changes in productivity, reproductive success and offspring recruitment. Long-term monitoring (1994–2023) the numbers and age structure of premigratory gatherings of Eurasian cranes in the northern Moscow Region, Central Russia, reveals that, despite the climate warming in the region, the proportion of offspring has not changed over the 30-year long period of observation. The number of young birds is positively related to the temperature of the breeding season; in warmer years, the productivity of Eurasian cranes was higher. In seasons with high precipitation rates, the proportion of chicks was decreased. The reproduction efficiency of cranes on Central Russia is controlled by two parameters: the amount of precipitation and the average temperature during the breeding season. More chicks rise in years with a combination of higher temperatures and low precipitation amounts. Increased precipitations and decreased temperatures lead to reduced proportions of chicks in the premigratory gatherings. The most unfavorable situation for common cranes was low temperatures combined with high precipitations, the proportion of chicks being the minimum in such years.

Keywords: climate change, monitoring, phenology