

УДК 591.545:598.8

## АНАЛИЗ ДАТ НАЧАЛА ПРИЛЕТА СЕРОЙ ВОРОНЫ *Corvus cornix* В НИЖНЕЕ ПРИОБЬЕ И СВЯЗЬ ДАТ ПРИЛЕТА С КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

© 2019 г. В. Н. Рыжановский\*, @, А. В. Гилев\*, @@

\*Институт экологии растений и животных УрО РАН, Россия, 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

@E-mail: ryzhanovsky@ipae.uran.ru

@@E-mail: gilev@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 16.06.2017 г.

После доработки 23.10.2017 г.

Принята к публикации 07.11.2017 г.

Рассмотрены сроки начала прилета серой вороны на широту Полярного круга (г. Лабытнанги) в 1970–2016 гг. В динамике дат начала прилета серой вороны выявлены устойчивые многолетние тренды, имеющие разную направленность, которые отражают разные климатические события, происходившие в эти годы. Обнаружена связь дат начала прилета серой вороны с динамикой средних температур апреля и среднесуточной температуры дня начала миграции с запаздыванием на 1–2 года. Установлено, что чем ниже была температура воздуха предыдущей весной, тем раньше могут прилететь первые вороны.

DOI: 10.1134/S0002332919030111

Сдвиг сроков миграции птиц в условиях глобальных климатических изменений – факт, хорошо известный орнитологам. Эта ситуация рассматривалась во множестве публикаций, в том числе обзорного характера (Lehikoinen *et al.*, 2004; Соколов, 2006). Однако во многих случаях картина оказывается сложной и неоднозначной, разными исследователями в разных местах отмечается как наличие, так и отсутствие смещения фенологических дат (Lehikoinen *et al.*, 2004; Соколов, Гордиенко, 2008; Захаров, 2016).

Следует отметить, что большинство авторов либо ограничиваются констатацией факта смещения сроков миграции, либо пытаются аппроксимировать их простейшими линейными зависимостями (Грищенко, 2010; Венгеров, 2011, 2015; Захаров, 2016). Но, как справедливо отметил Грищенко, на больших отрезках времени изменения могут происходить нелинейно и попытки аппроксимировать их линейными трендами не будут успешны (Грищенко, 2010). Более того, на больших промежутках времени изменения могут быть различными. Из недавних публикаций (Соколов, Гордиенко, 2008; Венгеров, 2015; Захаров, 2016) следует, что динамика сроков миграций практически всех изученных видов имеет сложный нелинейный характер с подъемами и спадами. В случае длинных рядов наблюдений, охватывающих несколько десятилетий, можно обнаружить временные отрезки с разными, иногда с разнонаправленными субтрендами, отражающими процессы,

происходившие в природе и связанные с колебаниями климата. Поэтому для установления изменений сроков сезонных явлений и выяснения причин, которые могут их вызвать, необходимо проводить по возможности более детальный анализ динамики фенологических показателей, с обнаружением имеющихся субтрендов.

Цель работы – анализ прилета серой вороны в Нижнее Приобье, выявление периодов с различной динамикой и их субтрендов и связи дат начала прилета с климатическими условиями.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Серая ворона – заметная птица. В городах и поселках Заполярья, где зимой крупных птиц, кроме сороки *Pica pica* и ворона *C. corax*, нет, появление первых серых ворон, как и пуночек *Plectrophenax nivalis*, – вестник весны, который не остается незамеченным охотниками, любителями природы и просто местными жителями. Часто орнитологи Экологического стационара УрО РАН (г. Лабытнанги) получают одновременно несколько сообщений о появлении первых ворон в городах Салехарде и Лабытнанги. Поэтому даты начала прилета серой вороны в Нижнее Приобье обычно точные. Для анализа использовались данные о первой встрече серой вороны в окрестностях г. Лабытнанги в 1970–2016 гг. Оценку климатических изменений проводили с помощью двух показателей: среднесуточных температур в день

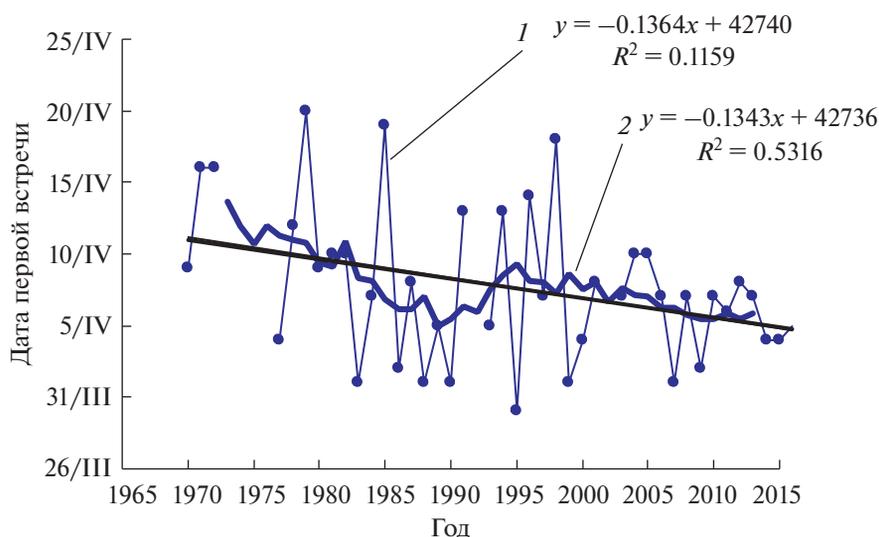


Рис. 1. Исходные (1) и сглаженные (2) даты начала прилета серой вороны и тренд их изменений.

прилета, начиная с 1977 г., когда имелись данные почти непрерывного ряда наблюдений и среднемесячных температур апреля. Источником сведений о температуре воздуха в апреле 1977–2016 гг. были данные, зарегистрированные на метеостанции “Салехард” (WMO #233300, 66°31′ с.ш., 66°36′ в.д., 35 м над у. м.).

Для сглаживания случайных колебаний и выявления наиболее общих тенденций в рядах временной динамики традиционно применяется метод скользящей средней. Для наших данных были использованы скользящие средние по 3, 5 и 7 смежным значениям, причем наилучший результат был получен в последнем случае. Также был использован регрессионный анализ.

Для сравнения рядов динамики были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена. Правомерность применения метода ранговой корреляции для выявления влияния температурного фактора на долговременные флуктуации сроков миграции была отмечена ранее (Соколов и др., 2001). Все расчеты проведены в программах Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Тренды динамики дат прилета.** В окрестностях г. Лабитнанги вороны начинали встречаться в первой декаде апреля, но в некоторые годы – во второй декаде (рис. 1). Средняя дата 1970–2016 гг. – 7/IV ( $n = 40$ , где  $n$  – число осей). Для 1960-х гг. В.А. Бахмутов (Данилов и др., 1984) датой начала прилета считал 7–14/IV. Другой автор, проанализировав сроки начала прилета серых ворон в 1970–2002 гг., пришел к выводу о достоверном ( $P = 0.01$ ) сдвиге сроков на более раннее время (С.П. Пасхальный, 2002). Добавление дат за по-

следующие годы (2003–2016 гг.) достоверность отрицательного тренда нивелирует, но небольшой сдвиг сроков все-таки имеется. Средние за десятилетие даты начала прилета в 1970–1979 гг. – 13/IV, в 1980–1999 гг. – 7/IV, в 2000–2009 гг. – 6/IV, в 2010–2016 гг. – 5/IV. В целом же ряд наблюдений охватывает 46-летний период.

На рис. 1 представлены исходные и сглаженные методом скользящей средней данные по многолетней динамике даты прилета серой вороны. Разброс дат начала прилета велик, в смежные годы они могут отличаться на 15–20 сут. Линейный тренд, построенный по исходным данным, показывает, что существует слабая отрицательная тенденция, свидетельствующая о сдвиге даты прилета на все более ранние сроки. Скользящая средняя также показывает наличие такого сдвига. Линейный тренд, построенный по сглаженным данным, полностью совпадает с таковым для исходных данных, однако коэффициент аппроксимации для сглаженного ряда существенно выше (рис. 1). При исключении случайных колебаний мы получаем четкое свидетельство сдвига даты прилета серой вороны на все более ранние сроки.

Дальнейший анализ сглаженного ряда показал, что в динамике начала прилета серой вороны выделяются отдельные различающиеся периоды (рис. 2). Так, с 1975 по 1990 г. средние даты прилета серой вороны быстро сдвигались в сторону ранних дат апреля. В 1990–1995 гг. наблюдался обратный ход, это был период, когда даты прилета столь же быстро сдвигались в сторону поздних значений апреля. Этот период был небольшим, и средние даты прилета первых ворон не достигли значений 1975 г. В 1995–2016 гг. даты прилета снова начали сдвигаться в сторону первых чисел апреля, но уже не так быстро, как в 1975–1990 гг. На

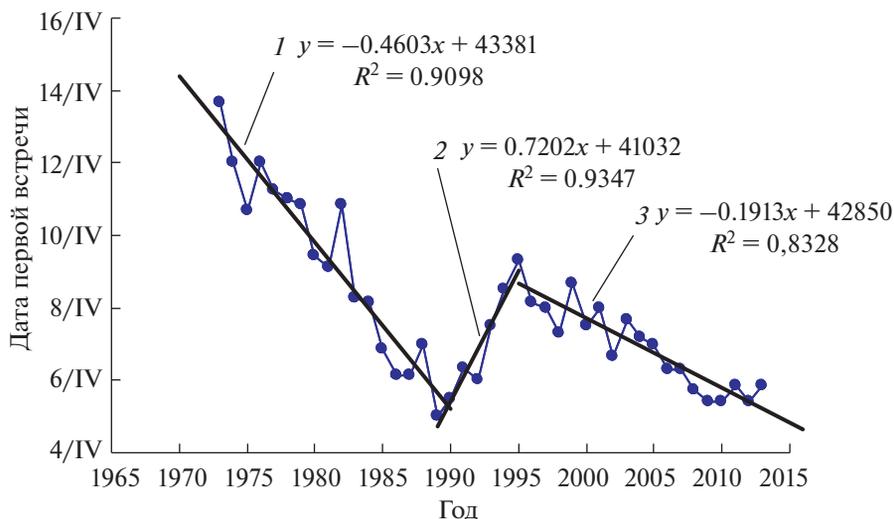


Рис. 2. Сглаженные даты начала прилета серой вороны и тренды их изменений в апреле 1975–2016 гг. 1 – в 1970–1989 гг., 2 – в 1990–1995 гг., 3 – в 1996–2016 гг.

рис. 2 видно, что все эти изменения происходили практически линейно, и в принципе для этих периодов также можно построить графики линейной регрессии. Коэффициенты аппроксимации во всех случаях оказываются очень высокими. При этом следует отметить, что имеется некоторая тенденция к стабилизации дат начала прилета серой вороны в 2009–2010 гг. Средние даты прилета в этот период достигли минимальных значений, характерных для 1990 г.

Таким образом, несмотря на большой размах колебаний и кажущуюся случайность, в динамике дат начала прилета серой вороны в Нижнее Приобье выявляются устойчивые многолетние тренды, которые имеют разную направленность и могут отражать разные климатические события, происходившие в это время. Подчеркнем, что при изучении динамики биоты недостаточно просто констатировать тот или иной сдвиг фенологических дат. Необходим более глубокий анализ происходящих изменений, выявление всех субтрендов, которые могут иметь разные характер и направленность, чтобы как можно точнее оценить влияние изменений внешней среды на экосистемы.

*Динамика дат прилета и климатические изменения.* Поскольку в качестве основного фактора, влияющего на сроки прилета птиц, признаются климатические изменения, для Субарктики и Арктики, прежде всего температуры воздуха (Успенский, 1969), рассмотрим связь сроков начала прилета с температурными условиями апреля — месяца, когда отмечается появление серой вороны в г. Лабитнанги. Сопоставление данных по динамике дат прилета и среднесуточных температур в день прилета выявило очень слабое со-

ответствие; коэффициент корреляции Спирмена ( $r$ ) составляет  $-0.14$  ( $p = 0.409$ ). Однако если сдвинуть график прилета на 1 год назад, то появляется отчетливая взаимосвязь (рис. 3), коэффициент корреляции Спирмена увеличивается ( $r = 0.33$ ,  $p = 0.052$ ), т.е. дата прилета вороны оказывается существенно связанной с температурой в день прилета в прошлом году. Среднесуточная температура была ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  (в ночные часы ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ ) в день прилета в 1978, 1984, 1987, 1989, 1994, 1998, 1999, 2005, 2006, 2008, 2010 гг. Наиболее ранний прилет, 30/IV–2/IV, наблюдался в 1983, 1986, 1988, 1990, 1995, 1999, 2006, 2009 гг. Соответственно пары холодная весна прошлого года/ранний прилет текущего года наблюдали в 1987/1988, 1989/1990, 1994/1995, 2005/2006, 2008/2009 гг., что также подтверждает возможную связь холодной весны предыдущего года с ранним прилетом в последующий год за последние 30 лет.

Если к значениям среднесуточной температуры в день прилета применять сглаживание методом скользящей средней, то сравнение вычисленных рядов температуры и даты прилета также показывает наличие взаимосвязи между ними (рис. 4а). При этом связь со среднесуточными значениями температуры в год наблюдений практически отсутствует ( $r = -0.01$ ,  $p = 0.973$ ), но если сдвинуть ряд дат прилета на два года назад, связь оказывается высокой и достоверной ( $r = 0.48$ ,  $p = 0.006$ ; рис. 4а). Следует подчеркнуть, что это больше, чем сдвиг для исходных, несглаженных значений, однако это может быть артефактом, известным эффектом смещения вследствие процедуры сглаживания. Важно, что этот сдвиг обнаруживается при сравнении и исходных, и сглаженных рядов.

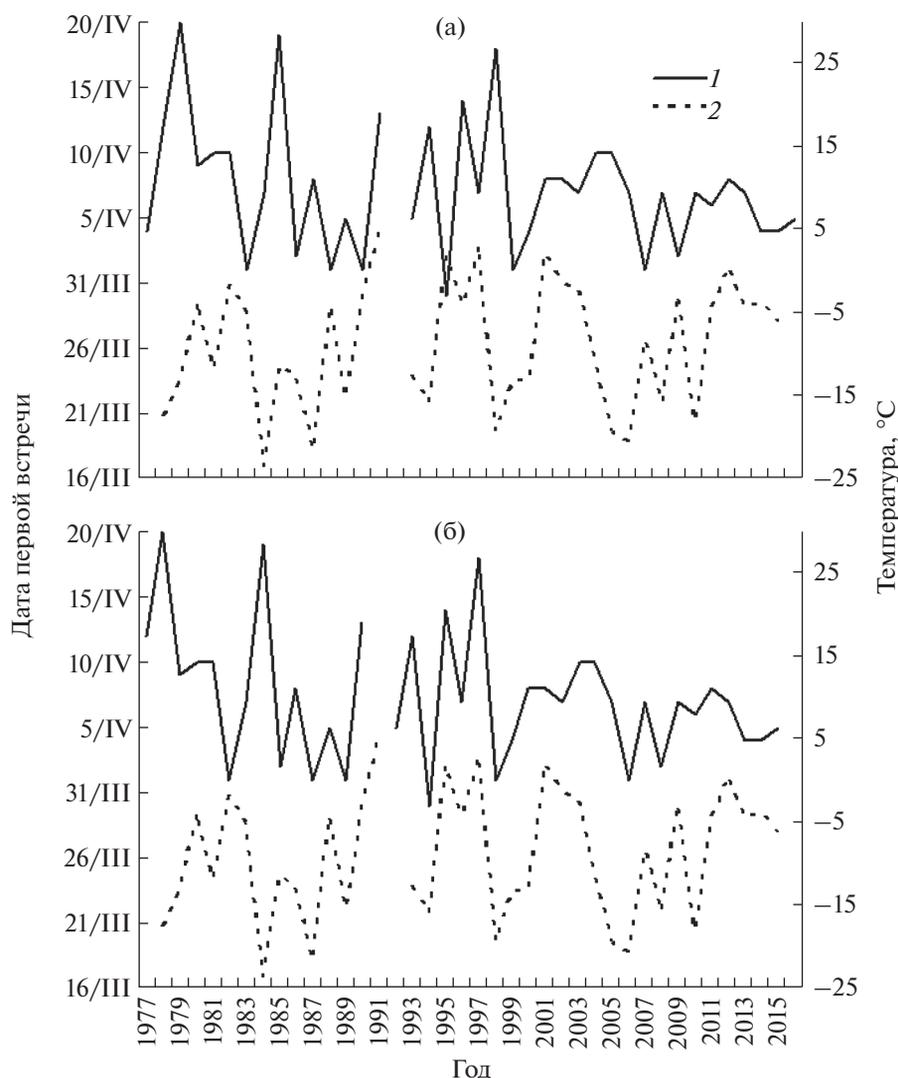
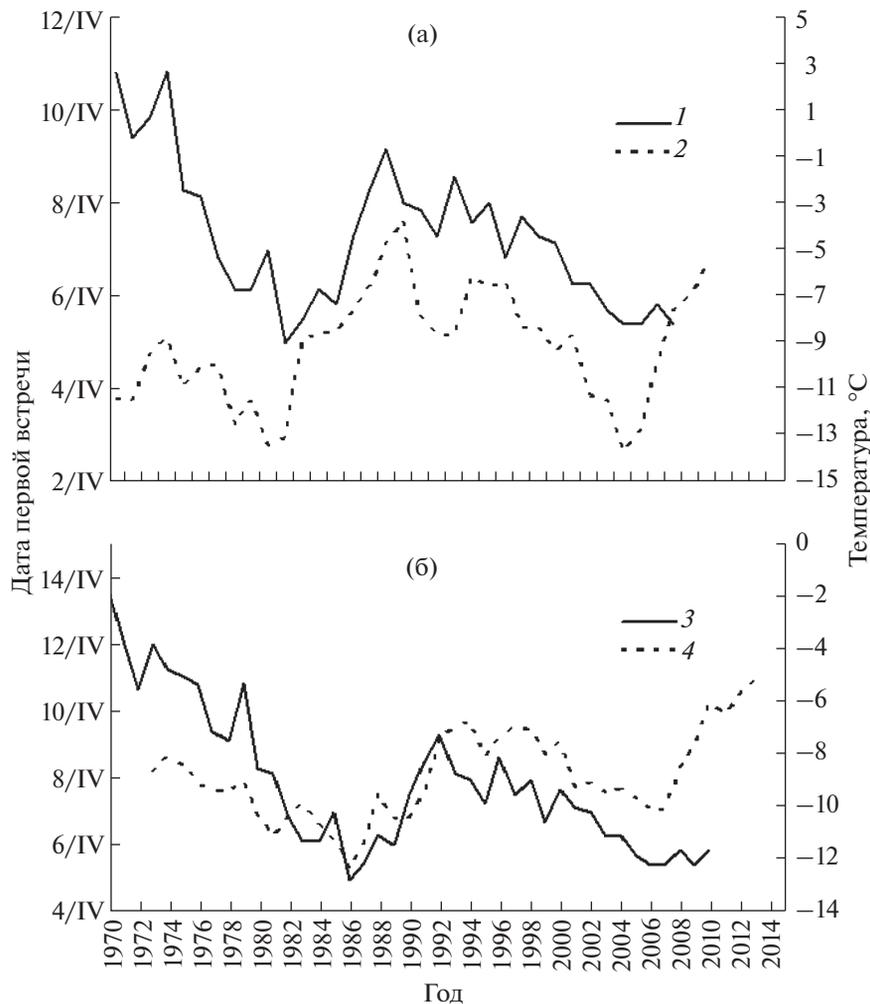


Рис. 3. Даты прилета серой вороны (1) и среднесуточные температуры в день прилета (2). а – исходные данные, б – даты прилета сдвинуты на 1 год назад.

Температура в день прилета – очень изменчивая величина. Кроме того, кратковременные подъемы и спады температуры могут и не оказывать существенного влияния на птиц. Общий ход весны, который, несомненно, должен влиять на фенодаты, можно охарактеризовать средними температурами за какой-то период. Мы выбрали среднемесячные температуры апреля, когда прилетают вороны.

Между рядами средней температуры апреля и дат начала прилета есть соответствие, которое наилучшим образом проявляется при сдвиге дат прилета на 3 года назад ( $r = -0.14$ ,  $p = 0.461$  без смещения и  $r = 0.37$ ,  $p = 0.024$  со смещением дат прилета на 3 года) (рис. 4б). Такой сдвиг больше, чем для температур в день прилета, но это также может быть частично вызвано эффектом смещения вследствие процедуры сглаживания.

Таким образом, даты прилета серой вороны оказываются связанными не с текущими температурами, а с температурами прошлого или позапрошлого года. Возможно, это как-то связано с памятью птиц об условиях прошлого года, с каким-то предшествующим опытом. Возвраты колец слетков, помеченных в пойме Оби (Рыжановский, 2005), свидетельствуют об их прилете в район вылупления в первый год жизни, но к гнездованию эти вороны приступают в возрасте старше 2 лет, также имея информацию о весне предыдущего года. Однако самое важное, на наш взгляд, заключается в том, что все обнаруженные корреляции дат прилета с температурами – положительные. Иными словами, чем ниже были температуры 1–3 года назад, тем раньше прилетают вороны и наоборот. Такая взаимосвязь представляется парадоксальной: казалось бы, чем теплее, чем



**Рис. 4.** Сглаженные даты прилета (апрель) серой вороны, сдвинутые на 2 года назад (1), и среднесуточные температуры (2) в день прилета (а), а также сдвинутые на 3 года назад (3) и средние температуры апреля (4) (б).

благоприятнее весна, тем раньше могли бы прилетать птицы. Возможно, влияние температурных условий начала сезона на птиц опосредовано каким-то дополнительным фактором, но пока трудно даже предположить, что это за фактор.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Северные пределы массового гнездования серой вороны в Нижнем Приобье ограничены лесотундрой, в тундры Ямала вид проникает единично. По этой причине мы наблюдали прилет в гнездовой район, а не пролет северных птиц. Следует также отметить, что прилет начинался не ранее, чем через неделю после дня весеннего равноденствия, при интенсивном увеличении светлой части суток до начала полярного дня в мае. Отдельные годы отличались теплой погодой второй половины марта, интенсивной половой активностью воронов, сорок, домовых воробьев, но прилет

серых ворон, несмотря на их холодостойкость, не начинался. Внутренний ритм, синхронизирующий сроки прилета с фотопериодическими условиями района, решающий. Внешние климатические условия корректируют прилет.

Представленные в статье материалы позволяют сделать ряд выводов:

в многолетней динамике дат прилета серой вороны в Приобскую лесотундру за 1970–2016 гг. выявляются три периода, различающихся по темпам и направлению изменений. Недоучет этого приводит к существенной недооценке общего характера и масштаба сдвига фенологических дат;

обнаружены взаимосвязи дат начала прилета серой вороны с динамикой средних температур апреля и среднесуточной температуры дня начала миграции с запаздыванием на 1–3 года;

взаимосвязь с температурами апреля у серой вороны оказывается парадоксальной – чем ниже

была температура воздуха предыдущей весной, тем раньше могут прилететь первые вороны.

Благодарим сотрудников Арктического стационара УрО РАН В.Г. Штро и С.П. Пасхального за любезно предоставленные даты начала прилета серых ворон в Нижнее Приобье, ведущего научного сотрудника ИЭРиЖ УрО РАН Л.И. Агафонова за материалы по климату Нижнего Приобья.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума УрО РАН (проект № 18.9.4.42.)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Венгеров П.Д.* Влияние изменений климата на сроки прилета и размножения певчего дрозда (*Turdus philomelos*) и зяблика (*Fringilla coelebs*) в Воронежском заповеднике // *Успехи соврем. биологии*. 2011. Т. 131. № 4. С. 416–424.
- Венгеров П.Д.* Сроки весеннего прилета птиц в Воронежском заповеднике на фоне длительных климатических изменений // *Науч. ведомости БелГУ. Сер: естеств. науки*. 2015. Т. 30. № 3(200). С. 82–92.
- Грищенко В.Н.* Изменение сроков миграции птиц в Каневском заповеднике // *Бранта: Сб. науч. трудов Азово-Черноморской орнитол. станции*. 2010. № 13. С. 33–39.
- Данилов Н.Н., Рыжановский В.Н., Рябицев В.К.* Птицы Ямала. М.: Наука, 1984. 334 с.
- Захаров В.Д.* Влияние изменений климата на сроки прилета птиц в Ильменский заповедник (Южный Урал) // *Экология*. 2016. № 6. С. 455–460.
- Пасхальный С.П.* Сроки прилета некоторых видов птиц в низовья Оби в 1970–2002 гг. // *Многолетняя динамика численности птиц и млекопитающих в связи с глобальным изменением климата. Материалы международного симпозиума (11–16 ноября 2002, Россия, Республика Татарстан, Казань)*. Казань: Новое знание, 2002. С. 151–156.
- Рыжановский В.Н.* Распределение серых ворон из Нижнего Приобья в гнездовое время (по результатам кольцевания) // *Материалы по распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири*. Екатеринбург: Изд-во Уральск. ун-та, 2005. С. 234.
- Соколов Л.В.* Влияние глобального потепления климата на сроки миграции и гнездования воробьиных птиц в XX в. // *Зоол. журн*. 2006. Т. 85. Вып. 3. С. 317–341.
- Соколов Л.В., Гордиенко Н.С.* Повлияло ли современное потепление климата на сроки прилета птиц в Ильменский заповедник на Южном Урале // *Экология*. 2008. № 1. С. 58–64.
- Соколов Л.В., Троп Э.А., Морозов Ю.Г., Ефремов В.Д.* Влияние температурного фактора на долговременные флуктуации сроков миграции, гнездования и расселения у воробьиных птиц // *Докл. РАН*. 2001. Т. 379. № 2. С. 282–285.
- Успенский С.М.* Жизнь в высоких широтах. На примере птиц. М.: Мысль, 1969. 455 с.
- Lehikoinen E., Sparks T.H., Zalakevicius M.* Arrival and departure dates. The effect of climate change on birds // *Adv. Ecol. Res*. 2004. V. 35. P. 1–31.

### Analysis of the Dates of the Arrival of a Grey crow *Corvus cornix* in the Lower OB Region and the Connection Terminal Climatic Condition

V. N. Ryzhanovskiy<sup>1, #</sup> and A. V. Gilev<sup>1, ##</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Plant Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Science, ul. 8 Marta 202, Yekaterinburg, 620144 Russia*

<sup>#</sup>*e-mail: ryzhanovsky@ipae.uran.ru*

<sup>##</sup>*e-mail: gilev@ipae.uran.ru*

Discusses the timing of the arrival of a grey crow on the latitude of the Arctic circle 1970–2016 In the dynamics of the dates of the arrival of a grey crow revealed a steady long-term trends of different orientation, which reflect different climatic events that took place in these years. The connection of the dates of the beginning of the arrival of the gray crow with the dynamics of the average temperatures of April and the average daily temperature of the day of the beginning of migration with a delay of 1–2 years. The lower the temperature was the previous spring, the earlier can fly the first crows.