



Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<https://ecopri.ru>

№ 1 (22). Март, 2017

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

**Редакционная
коллегия**

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
B. Krasnov
A. Gugolek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33.

E-mail: ecopri@petsu.ru

<https://ecopri.ru>





УДК 502.747:502.4

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ТЕТЕРЕВА *LYRURUS TETRIX* В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ОРЕНБУРЖЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЖАРОВ (НА ПРИМЕРЕ БУРТИНСКОЙ СТЕПИ ЗАПОВЕДНИКА «ОРЕНБУРГСКИЙ»)

**БАРБАЗЮК
Евгений
Владимирович**

к. б. н., Институт степи УрО РАН (Оренбург, ул.
Пионерская, 11), argentatus99@yandex.ru

**Ключевые
слова:** динамика
численности,
тетерев *Lyrurus
tetrix*, степные
пожары,
пирогенный
фактор, степной
заповедник,
Оренбургская
область

Аннотация. Обнаружена достоверная отрицательная связь между площадью гарей и численностью тетерева *Lyrurus tetrix* в Государственном степном заповеднике «Оренбургский» за многолетний период. Предполагается, что циклы снижения численности после обширных пожаров – реакция тетерева на временное ухудшение кормовых условий и уничтожение гнездовых биотопов под воздействием пирогенного фактора.

Рецензент:
А. В. Зиновьев

Получена:
04 августа 2016
года

**Подписана к
печати:**
27 марта 2017
года

© Петрозаводский государственный университет

Введение

В сообщении приводятся данные по многолетней динамике численности тетерева *Lyrurus tetrix* в Буртинской степи заповедника «Оренбургский» в условиях возрастания числа пожаров и площади гарей на этом участке за последние десятилетия (рис. 1). Появившиеся недавние исследования по оценке ситуации с пожарами в Буртинской степи за многолетний период (Павлейчик, 2015) позволили проследить воздействие пирогенного фактора на численность тетерева краеареального подвида *Lyrurus tetrix viridanus* Lorenz, 1891 (Потапов, 1987) на данной ООПТ за многолетний период. Актуальность работы обусловлена резким увеличением площади распространения и частоты пожаров в Оренбургской области в целом, начиная с середины 1990-х годов (Павлейчик, 2016), на фоне неизученности

тенденций изменения численности тетерева на краю ареала в регионе. По некоторым данным, в сопредельной лесостепной зоне башкирского Предуралья, где тетерев более обычен, его численность с каждым годом падает, несмотря на то, что целые поля с неубранным подсолнухом – кормовой базой птиц в зимнее время – остаются под снегом (Валуев, 2002).

Целью данной работы является оценка воздействия пожаров на динамику численности тетерева в условиях степной зоны, на границе гнездового ареала, и установление зависимости между ежегодной численностью особей и площадью гарей на рассматриваемом участке заповедника.

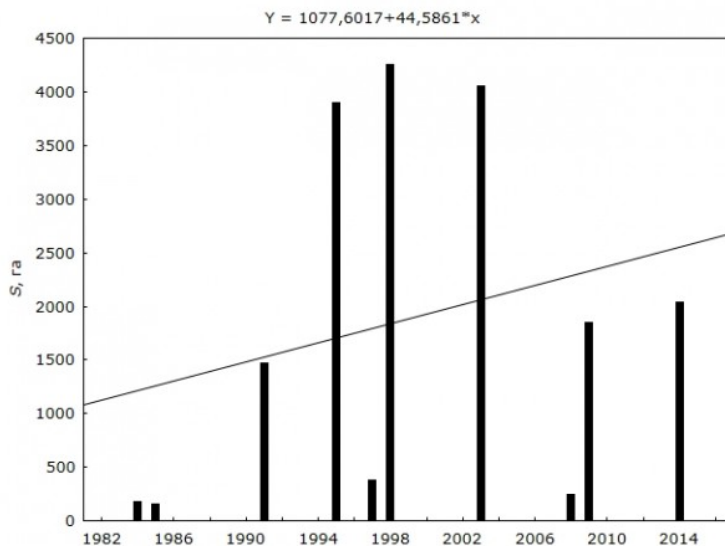


Рис. 1. Площадь гарей (S) в Буртинской степи за период 1984–2015 гг. (по неопubl. данным В. М. Павлейчика)

Fig. 1. The burned area (S) in Burtinskaya Steppe in 1984–2015 (from unpublished data by V. M. Pavleichik)

Материалы

Буртинская степь площадью 4500 га расположена в Оренбургской области (N 51°13.727' E 056°39.990') и входит в состав Государственного природного заповедника «Оренбургский», основанного в 1989 г. Участок лежит в подзоне разнотравно-типчаково-ковыльных степей на южных черноземах с наибольшим распространением ковыля Залесского (*Stipa zalēsskii*) (Калмыкова, 2008). Центральную часть участка с абсолютными отметками 230–420.9 м занимает водораздельное плато Муюлды протяженностью до 5 км и шириной до 1.2 км, с него берут начало балки Кулинсай, Таволгасай, Кызылсай и Белоглинка. По балкам и в складках холмов встречаются осиновые и березово-осиновые колки, а по ручьям распространены черноольшаники – излюбленные и постоянные местообитания тетерева в данной местности на протяжении всего года. Устойчивый снежный покров держится примерно с декабря по конец марта. Участок окружают безлесные равнинные пастбища и зарастающие брошенные поля сельскохозяйственного назначения. Таким образом, основная масса горных колков в районе сосредоточена исключительно на территории Буртинской степи, что делает участок репрезентативным для проведения анализа численности тетерева и оценки ситуации.

Данные по численности тетерева в Буртинской степи за период 1992–2015 гг. (1993 г. пропущен в анализе) взяты из архива заповедника «Оренбургский». Учеты крупных млекопитающих и птиц, попутно с патрулированием, осмотром территории на транспортном средстве и пешком, во время проведения биотехнических мероприятий, проводились на регулярной основе бесменным коллективом инспекторов за все время существования данной территории. Учетные маршруты представляли собой несколько основных полевых дорог с пунктами остановок в балках и на возвышенностях, а также

пешие тропы по пересеченной местности, которые проходили через все основные балки, биотопы, где встречаются тетерева на участке, включая известные токовища. В безморозный период частота учетов составляла 2–5 в неделю по несколько часов каждый. В зимнее время и ранней весной количество продолжительных учетов сокращалось из-за погодных условий и труднодоступности балок. Во время каждого учета учетчик регистрировал птиц в подавляющем большинстве случаев однократно (редко двукратно). Зимой иногда фиксировали следы, а во время токования – голоса тетеревов. Маршруты чередовались, поэтому в целом вся территория обследована относительно равномерно. За период 1992–2015 гг. зарегистрировано в общей сложности 756 встреч тетерева в Буртинской степи, при этом 38 % встреч приходилось на верховья балок Белоглинка и Таволгасай, в центральной части участка.

Важно отметить, что колки в Буртинской степи сильно изолированы между собой, не соединяются в обширные лесные массивы, как, например, в сопредельном лесостепном регионе Башкортостан, и хорошо просматриваются с дорог и смотровых площадок. Максимальная площадь отдельно взятого колка не превышает 11.5 га (черноольшаник), площадь второго по размеру колка (в верховьях балки Белоглинка) составляет примерно 10 га. Площадь других колков, разбросанных по балкам, на порядок меньше. Это обстоятельство облегчало работу по учету тетеревиных стай, снижая их недооценку.

Буртинская степь является образцово-показательным участком Оренбургского заповедника, и его персонал (потомки оренбургских немцев) скрупулезно ведет летопись с 1990-х годов по настоящее время, в связи с чем какие-либо искажения информации или пропуски в учетах исключены. Все наблюдения персонала неоднократно подтверждались исследованиями научных сотрудников, выезжающих на работу в Буртинскую степь, в том числе автором данной статьи.

Средняя численность особей за год (*Naverage*) высчитывалась суммированием всех особей за календарный год и делением на количество встреч за этот год. Под максимальным размером стаи за год (*Nmax*) понимается рекордное зарегистрированное количество птиц в стае за одну встречу в пределах календарного года.

Данные по пожарам взяты из научных отчетов В. М. Павлейчика, которые легли в основу серии научных статей (Павлейчик, 2015, 2016). Границы гарей визуализировались по космическим изображениям на основе данных со спутников Landsat (Павлейчик, 2015), затем их площадь (*S*) в Буртинской степи выражалась в гектарах и процентах (начиная с 1984 года).

Методы

Для изучения связей между площадью гарей и рядом показателей по тетереву проводился анализ линейных и полиномиальных трендов этих показателей (корреляционно-регрессионный анализ) в программе Statistica 10. Оценивалась значимость уравнений полиномиальных регрессий, подбирался наилучший полином для каждого из показателей.

Фактически с помощью полиномов было выполнено сглаживание временных рядов показателей обилия тетерева и площади гарей, при котором в качестве аргументов использовали года наблюдений.

Для построения полиномов были введены дополнительные переменные: степени полинома от 2 до 6 для переменной *t*-время. Переменная *t*-время эквивалентна годам 1991–2015. В результате, например, полином 6-й степени для оцениваемых показателей имел следующий вид: $a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5 + a_6t^6$, где a_0 – a_6 – коэффициенты полинома, t – t^6 – степени времени.

Далее строились серии уравнений полиномиальной регрессии для зависимости каждого из показателей (зависимая переменная) от времени *t* (независимая переменная, год) со степенями полиномов от 1 до 6 для поиска наиболее адекватного

уравнения. При этом исключались члены со статистически незначимыми коэффициентами. Так, для показателя «Площадь гарей» был подобран полином 5-й степени, из которого были исключены его статистически незначимые 2-я и 3-я степени (наибольшие p -значения), в результате чего полином приобрел вид: $a_0 + a_1t + a_2t^4 + a_3t^5$.

Затем находили расчетные значения регрессии для статистически значимых полиномов сравниваемых показателей и корреляцию между ними.

Результаты

Начиная с 1984 г., наблюдается тенденция увеличения площади гарей в Буртинской степи (рис. 1). Тем не менее последний обширный степной пожар, охвативший более 80 % площади участка и который не удалось вовремя локализовать, имел место в 2003 г. (рис. 1). В итоге при рассмотрении временного отрезка с данными за 1991–2015 гг. тренд по площади гари меняется на противоположный: после ряда лет роста идет спад (см. графики далее).

Поскольку уравнение линейной регрессии для показателя «Площадь гарей» оказалось незначимым ($y = 60.7974 - 0,865 * x$, $r = -0.1910$; $p = 0.6505$; $R^2 = 0.0365$), проведение дальнейшего корреляционного анализа линейных трендов численности тетерева и площади пожарищ нецелесообразно, и лучше оперировать полиномами.

Для оценки воздействия пирогенного фактора на состояние локальной популяции тетерева была предпринята попытка оценить характер связи между площадью гарей в Буртинской степи и следующими показателями "Средняя численность особей за год" и "Максимальный размер стаи за год". Рассмотрим их по порядку.

Средняя численность особей за год

Средняя численность изменялась от 1.71 особи в 1996 г. до 8.47 особи в 2009 г. Всплеск численности наблюдался с 2006 по 2009 г. на фоне отсутствия крупных пожаров с 2003 г. Для показателя «Площадь гарей» ни одна из степеней полинома (t – t^6) не оказалась статистически значимой. Оптимальным и статистически значимым вариантом стал полином 5-й степени с исключенными 2-й и 3-й степенями (t , t^4 , t^5 ; $N = 8$; $R^2 = 0.7652$; $F = 5.4315$; $p = 0.0496$) (рис. 2). Иными словами, показатель «Площадь гарей» (всего 8 наблюдений) значимо зависит от 1-й, 4-й и 5-й степеней времени.

Итоги регрессии для зависимой переменной: Площадь гарей (Таблица)						
R= ,87475518 R2= ,76519663 Скоррект. R2= ,62431460						
F(3,5)=5,4315 p<,04963 Станд. ошибка оценки: 37,199						
N=8	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	В	Ст.Ош. В	t(5)	p-знач.
t	2,53702	0,736644	10,99469	3,192390	3,44403	0,018355
t_4	-9,51326	4,210392	-0,00438	0,001939	-2,25947	0,073400
t_5	7,73616	3,690489	0,00016	0,000074	2,09624	0,090182

Рис. 2. Итоги полиномиальной регрессии для показателя «Площадь гарей»
Fig. 2. The results of the polynomial regression for the parameter Burned Area

Для показателя «Средняя численность за год» был подобран статистически значимый полином 4-й степени (t , t^2 , t^3 , t^4 ; $N = 23$; $R^2 = 0.4418$; $F = 3.5622$; $p = 0.0262$) (рис. 3).

Итоги регрессии для зависимой переменной: Сред числен. за год (Таблица)						
R= ,66471083 R2= ,44184049 Скоррект. R2= ,31780505						
F(4,18)=3,5622 p<,02617 Станд. ошибка оценки: 1,4590						
N=23	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	В	Ст.Ош. В	t(18)	p-знач.
Св.член			8,02095	3,280319	2,44517	0,024991
t	-7,1452	5,49043	-1,84019	1,414022	1,30139	0,209538
t_2	19,8023	21,49755	0,17996	0,195370	0,92114	0,369157
t_3	-14,3389	28,88067	0,00524	0,010554	0,49649	0,625559
t_4	1,7067	12,87270	0,00003	0,000194	0,13258	0,895996

Рис. 3. Итоги полиномиальной регрессии для показателя «Средняя численность за год»

Fig. 3. The results of the polynomial regression for the parameter Average Numbers per Year

Между расчетными регрессионными значениями показателей «Площадь гарей» и «Средняя численность за год» обнаружилась высокая отрицательная и значимая корреляция ($r = -0.7264, p = 0.002$), что говорит о сильной обратной зависимости между площадью пожарищ и средней численностью птиц за год (рис. 4).

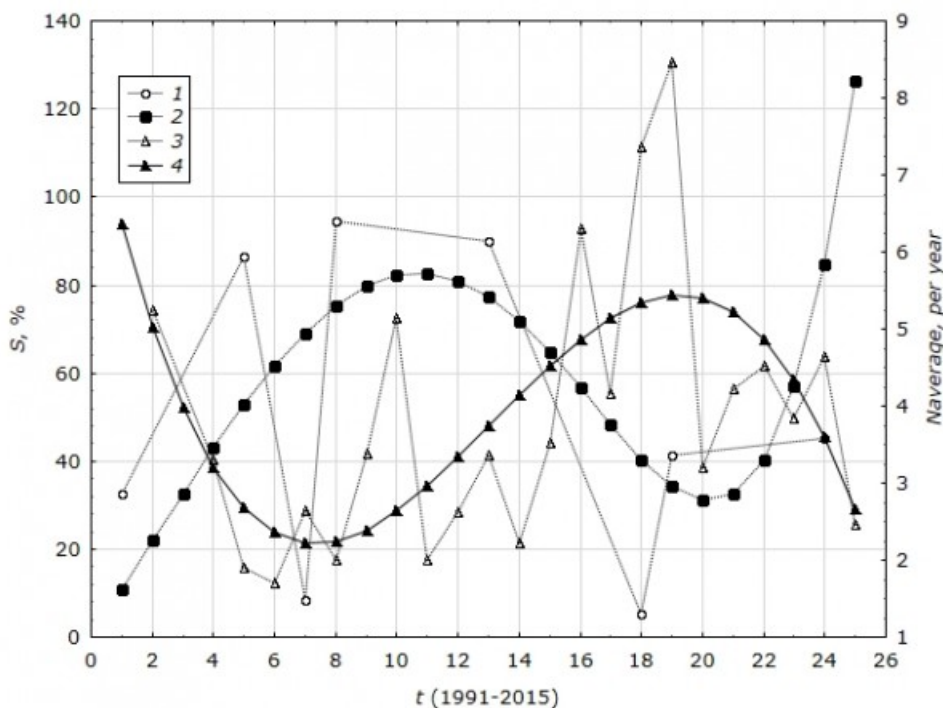


Рис. 4. Средняя численность особей тетеревов за год (*Naverage*) и площадь гарей (*S*) в Буртинской степи за 1991–2015 гг. Исходные значения и полиномиальные регрессии: 1 – площадь гарей, 2 – предсказанная площадь гарей, 3 – средняя численность за год, 4 – предсказанная средняя численность за год

Fig. 4. Average numbers of the Black Grouse per year (*Naverage*) and burnt area (*S*) in Burtinskaya Steppe, 1991–2015. Initial values and polynomial regressions: 1 – Burnt Area, 2 – Burnt Area Predicted, 3 – Average Number per Year, 4 – Average Predicted Number per Year

Максимальный размер стаи за год

Максимальное количество особей в стае наблюдалось в осенне-зимний период с колебанием от 7 особей в 1996 г. до 64 в 2009 г. Данный показатель был выбран для анализа, исходя из предположения, что чем выше успех гнездования у тетерева в летний период, тем крупнее формируемые стаи в осенне-зимний период, состоящие в том числе из местных молодых птиц, взрослых самцов и самок. Наиболее крупные стаи на участке наблюдали в 2009, 2011 и 2012 гг. на фоне отсутствия крупных пожаров с

2003 г.

Статистически значимая полиномиальная регрессия для площади гарей уже построена (рис. 2). Далее находим наилучшее описание полинома для показателя «Максимальный размер стаи за год». Им оказался статистически значимый полином 6-й степени ($t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6; N = 23; R^2 = 0.6553; F = 5.0695; p = 0.0043$) (рис. 5).

Итоги регрессии для зависимой переменной: Макс. размер стай (Таблица)						
R= ,80950595 R2= ,65529989 Скоррект. R2= ,52603734 F(6,16)=5,0695 p<,00433 Станд. ошибка оценки: 10,482						
N=23	БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	В	Ст.Ош. В	t(16)	p-знач.
Св.член			96,4439	63,15864	1,52701	0,146283
t	-29,822	22,2451	-66,2007	49,38075	-1,34062	0,198770
t_2	232,317	171,6861	18,1980	13,44861	1,35315	0,194818
t_3	-748,235	540,9899	-2,3567	1,70398	-1,38308	0,185637
t_4	1187,248	842,3504	0,1541	0,10936	1,40945	0,177844
t_5	-906,542	541,4418	-0,0049	0,00345	-1,41329	0,176731
t_6	265,273	190,6280	0,0001	0,00004	1,39157	0,183097

Рис. 5. Итоги полиномиальной регрессии для показателя «Максимальный размер стаи за год»

Fig. 5. The results of the polynomial regression for the parameter Maximum Size of Flock per Year

Коэффициент корреляции, найденный между построенными значениями регрессий, равен -0.589 ($r = -0.5899, p = 0.002$), что говорит о средней обратной зависимости между площадью гарей и максимальным размером стаи (рис. 6).

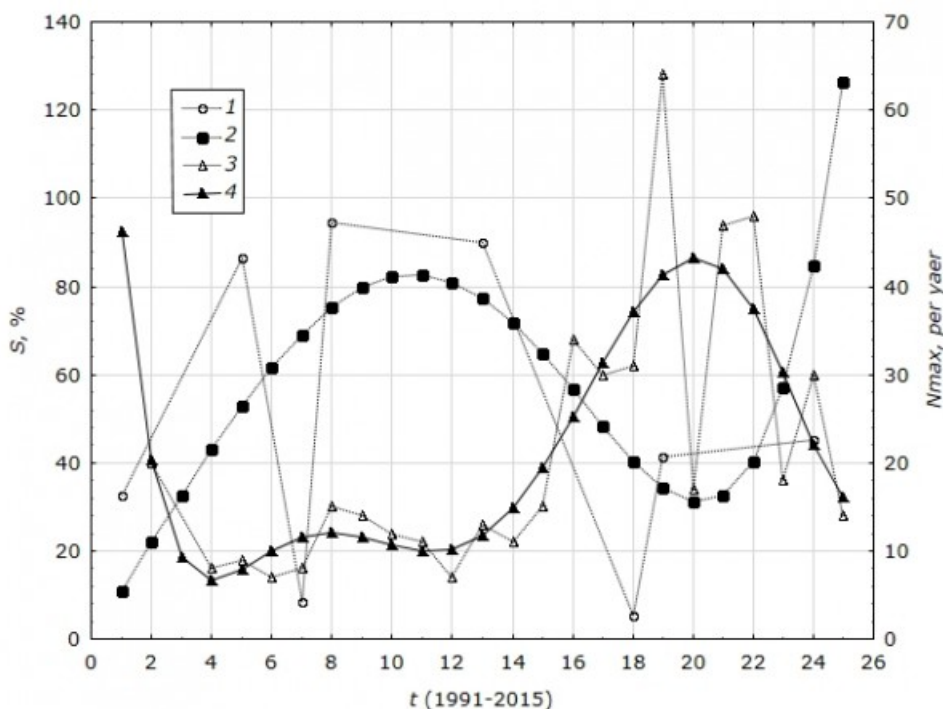


Рис. 6. Максимальный размер стаи тетеревов за год (N_{max}) и площадь гарей (S) в Буртинской степи за 1991–2015 гг. Исходные значения и полиномиальные регрессии: 1 – площадь гарей, 2 – предсказанная площадь гарей, 3 – макс. размер стаи, 4 – предсказанный макс. размер стаи

Fig. 6. Maximum size (N_{max}) of the Black Grouse flock per year and burnt area (S) in Burtinskaya Steppe, 1991–2015. Initial values and polynomial regressions: 1 – Burnt Area, 2 – Predicted Burnt Area, 3 – Maximum Size of Flock, 4 – Maximum Predicted Size of Flock

Обсуждение

Пожары в Буртинской степи происходили в разное время года. Воздействие

пирогенного фактора на численность популяции тетерева могло проявляться как в прямом уничтожении кладок, птенцов и местообитаний, так и, по-видимому, опосредованно, через ухудшение кормовой базы – насекомых, побегов, древесных почек, ягодных полей по опушкам леса. Поскольку в кормовой рацион тетерева входят элементы, страдающие от огня в первую очередь: концевые побеги, почки и сережки березы, осины, ольхи, различные семена и созревающие ягоды, плоды шиповника, почки, побеги ивы, животные корма (Потапов, 1987). Восстановление численности наблюдается через несколько лет после каждого обширного пожара.

В настоящее время огнем уничтожена практически вся островная древесная растительность по периферии Буртинской степи. На месте некогда спелых старовозрастных березово-осиновых колков наблюдается восстановление поросли. В центральной части участка древесные массивы в том или ином поврежденном состоянии пока сохраняются. В их числе колки в верховьях балок Белоглинка и Таволгасай. Это связано с тем, что в центре участка рельеф повышается, колки по склонам плато Муюлды становятся крупнее, доступ огня к ним в большей степени затруднен из-за складчатости местности, как правило, в каждом колке увлажнение выше из-за выхода на поверхность грунтовых вод, и в большинстве случаев при распространении огня вглубь территории персонал успевает предпринять меры по его локализации. В результате в центральных балках пожар повреждает зачастую только края колка на ту или иную глубину, ядро же колка остается нетронутым. Этим можно объяснить, почему после масштабных пожаров, когда сгорает более 80 % территории, тетерев в ограниченном числе остается на участке. Сохраняющиеся ядра колков, по-видимому, позволяют тетереву переживать несколько неблагоприятных лет и в последующем восстанавливать численность по мере улучшения кормовой базы и восстановления местообитаний.

К сожалению, достоверные данные по численности тетерева за пределами Буртинской степи в Оренбуржье отсутствуют, поэтому сравнение полученной картины с другими паттернами на уровне региона не представляется возможным.

Заключение

Зависимость показателей численности от площади гарей хорошо описывается криволинейной регрессией. Выявлена достоверная связь между расчетными значениями средней численности птиц, максимальным размером стай и расчетными значениями размера пожаров на участке заповедника. Предполагается, что снижение численности тетерева после обширных пожаров в заповеднике связано с ухудшением условий питания и прямым уничтожением гнездовых биотопов.

Библиография

Валуев В. А. Зимняя орнитофауна лесостепной зоны Предуралья Башкирии // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. Екатеринбург: Академкнига, 2002. С. 63–69.

Калмыкова О. Г. Закономерности распределения степной растительности «Буртинской степи» (Госзаповедник «Оренбургский»): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2008. 24 с.

Павлейчик В. М. Пространственно-временная структура пожаров на заповедном участке «Буртинская степь» // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2015. Вып. 4. С 1–11.

Павлейчик В. М. Многолетняя динамика природных пожаров в степных регионах (на примере Оренбургской области) // Вестник ОГУ. 2016 (194). С. 74–80.

Потапов Р. Л. Тетерев. Птицы СССР. Курообразные, журавлеобразные. Л.: Наука, 1987. 528 с.

Благодарности

Автор выражает благодарность В. М. Павлейчику за любезно предоставленные данные.

Работа выполнена в рамках плановой бюджетной темы института «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ 0421-2016-0001).

LONG-TERM POPULATION DYNAMICS OF THE BLACK GROUSE *LYRURUS TETRIX* IN THE STEPPE ZONE OF ORENBURG REGION UNDER THE INFLUENCE OF FIRES (ON THE EXAMPLE OF BURTINSKAYA STEPPE, ORENBURG RESERVE)

**BARBAZYUK
Evgeny**

*Ph.D., Steppe Institute, UB RAS (Orenburg Pionerskaya St., 11),
argentatus99@yandex.ru*

Keywords: population dynamics, the Black Grouse *Lyrurus tetrix*, steppe fires, pyrogenic factor, steppe reserve, Orenburg region

Reviewer:
A. Zinoviev

Received on:
04 August 2016
Published on:
27 March 2017

Summary: A significant negative correlation between the size of the burnt area and the number of the Black Grouse *Lyrurus tetrix* was found in Orenburg State Nature Reserve on the basis of a long-term observation. The paper provides the data on the long-term population dynamics of the *Lyrurus tetrix* in Burtinskaya Steppe, a part of Orenburg Nature Reserve. It was shown that the population of the Black Grouse is affected by both the increasing number of grassland fires and the enlarged burnt area size over the past decades. According to a recent study (Pavleichik 2015) the impact of the pyrogenic factor on the abundance of grouse subspecies *Lyrurus tetrix viridanus* Lorenz was assessed. This subspecies, 1891 (Potapov, 1987) has occurred in this specially protected territory for a long time. Burtinskaya Steppe (4500 hectares) is located in the Orenburg region (N51 ° 13.727 'E056 ° 39.990') in the southeast of the European Russia and is a part of Orenburg State Natural Reserve, founded in 1989. It lies in the subzone of herb-fescue-feather grass steppe dominated by Zaleski feather grass (*Stipa zalësskii*). This steppe area has a complex structure: u-shaped valleys and small, isolated woodlands with the maximum size of 11.5 ha. During the analyzed period 1991-2015, 8 fires breached the perimeter of this territory from outside resulting in decreasing the annual average and maximum numbers of the Black Grouse. The negative correlation between the predicted values of the regression for the parameters Burned Area and Average Number per Year was found high ($r = -0.7264$, $P = 0.002$). The correlation coefficient found between the predicted values of the regression for the parameters Burned Area and Maximum Flock Size per Year was -0.589 ($r = -0.5899$, $P = 0.002$), indicating moderate inverse relationship. It is assumed that cycles of reduced numbers followed by the extensive fires was a grouse response to a temporary deterioration of feeding conditions and destruction of nesting habitats under the impact of pyrogenic factor.