

УДК [598.321:591.526](470.44-12)

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ  
СООБЩЕСТВА ЖАВОРОНКОВ (ALAUDIDAE, AVES)  
НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

**М. Л. Опарин<sup>1</sup>, А. Б. Мамаев<sup>1</sup>, О. С. Опарина<sup>1</sup>, Л. С. Трофимова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции  
им. А. Н. Северцова РАН  
Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24*

<sup>2</sup> *Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии  
им. В. Р. Вильямса  
Россия, 141055, Московская обл., Лобня, Научный городок, 1  
E-mail: oparinml@mail.ru*

Поступила в редакцию 28.07.2018 г., после доработки 14.08.2018 г., принята 29.08.2018 г.

*Опарин М. Л., Мамаев А. Б., Опарина О. С., Трофимова Л. С.* Многолетняя динамика структуры сообщества жаворонков (Alaudidae, Aves) на северо-западе Прикаспийской низменности // Поволжский экологический журнал. 2018. № 3. С. 300 – 314. DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-300-314>

Исследования структуры населения и численности жаворонков в полупустынной зоне Прикаспийской низменности (в пределах территорий Александрово-Гайского района Саратовской области (Россия), Джаныбекского и Бокейордынского районов Западно-Казахстанской области (Республика Казахстан)) проводились на шести ключевых участках с 2011 по 2018 г. На основе полученных данных рассчитаны динамические ряды каждого вида жаворонков (темп прироста –  $T_{np}$ ). Групповые статистические показатели:  $R$  – размах колебаний плотности жаворонков,  $u$  – коэффициент вариации, с помощью применения статистики Пирсона  $\chi^2$  определена нормальность распределения плотности жаворонков в местах их обитания. Проведен корреляционный анализ связи плотности населения жаворонков со значениями вегетационного индекса ( $NDVI$ ). Установлено, что в Александрово-Гайском районе у четырех видов наблюдаются тенденции снижения плотности (степной, белокрылый, чёрный и серый жаворонки). Максимальное ее снижение отмечено у белокрылого жаворонка ( $T_{np} = -28.4\%$ ,  $R^2 = 0.785$ ). В западно-казахстанской части ареала исследованного сообщества птиц максимальный отрицательный темп прироста зарегистрирован у полевого жаворонка ( $T_{np} = -99.9\%$ ), а максимальный положительный – у белокрылого ( $T_{np} = +25.2$ ). Выявлено, что на динамику плотности жаворонков и структуру их гнездового населения оказывают влияние уровень вегетации растительности в предшествующий год, а также структура растительного покрова, связанная с почвогрунтовыми условиями этого мозаичного ландшафта и антропогенной нагрузкой в виде выпаса скота.

*Ключевые слова:* сообщество жаворонков, динамика численности, вегетационный индекс, Саратовская область, Западно-Казахстанская область, Прикаспийская низменность.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-300-314>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Исследования многолетней динамики гнездового населения жаворонков в заповолжской полупустыне Прикаспийской низменности, проведенные нами на стацио-

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА ЖАВОРОНКОВ

нарных маршрутах, распределенных по шести ключевым участкам, отличающимся особенностями рельефа, структуры растительного и почвенного покровов, представляют научный и практический интерес. Полученные многолетние данные по динамике плотности отдельных видов жаворонков позволяют изучить влияние факторов среды на динамику численности этой таксономической группы кампофильных птиц, составляющих основу орнитонаселения исследованной аридной территории со специфической мозаичной структурой растительного покрова, которая обусловлена уровнем засоленности почвы, определяющейся в основном мезо- и микрорельефом плоских бессточных равнин, освободившихся в позднехвалынский период от вод Хвалынского морского бассейна. Ранее авторами статьи на основе дистанционных и наземных методов были изучены предпочтения отдельных видов жаворонков в выборе гнездовых станций (Опарин и др., 2017), что и определяет в конечном итоге распределение плотностей разных видов в мозаичном ландшафте. Взаимодействие комплексов природных и антропогенных факторов во времени обуславливает динамику структуры населения птиц этой таксономической группы.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Физико-географическое описание района исследования.* Российская часть Прикаспийской низменности, где были выполнены исследования, относится к Узенско-Чилинскому лиманно-пустынно-степному району, который включает Межузенский, Узено-Дюринский и др. зональные ландшафты (Копыл, Николаев, 1984; Пичугина, 2006; Макаров и др., 2013). Ландшафты Западно-Казахстанской области, на территории которых расположены маршруты, представлены суглинистой Джаныбекской полупустынной равниной и Арал-Сорской озерно-солончаковой депрессией (Доскач, 1979).

Первый район наших исследований расположен на северо-западе заволжской части Прикаспийской низменности. Согласно физико-географическому районированию он включает два природно-геоморфологических района: Межузенскую междуречную суглинистую полупустынную равнину и Узенско-Дюринскую междуречную суглинистую полупустынную равнину. Эти территории характеризуются пёстрым почвенным покровом. Их равнинный характер в сочетании с почвообразующими породами и континентальностью климатических условий обуславливает чрезвычайно большую роль микрорельефа и мезорельефа. Элементы мезорельефа – большие плоские лиманы глубиной до 2 м, площадью иногда больше 1000 га, и плоские понижения – падины – глубиной до 1 м и площадью от 2-3 до 200 и более га. Лиманы заняты корневищно-злаковой растительностью на лугово-каштановых оголенных почвах и солодах, так как они иногда затапливаются тальми весенними водами. В падинах развита злаково-разнотравная растительность степного типа на лугово-каштановых почвах. Остальная территория района имеет комплексный почвенно-растительный покров, размеры разностей которого расположены в диапазоне от нескольких до нескольких десятков метров и связаны с микрорельефом: микроповышения с солонцовыми почвами заняты чернопопынно-солянковыми ассоциациями, микропонижения «западины» с лугово-каштановыми

почвами заняты злаково-разнотравными ассоциациями. Именно эти элементы рельефа создают комплексный растительный покров, состоящий из пустынных ассоциаций на микроповышениях и степных ассоциаций в микропонижениях. На Межузенской и Узенско-Дюринской равнинах лиманные и пединные понижения развиты в значительной степени и занимают до 22.1% площади (Доскач, 1979; Пичугина, 2005, 2006). Падины составляют 13.5% площади междуречных ландшафтов. Они сформированы лугово-степными сообществами на лугово-каштановых почвах (53.1% от площади педин), а также солонцовыми комплексами. Меньшее распространение на междуречных равнинах получили лиманные урочища. На них приходится 8.6% от площади междуречных ландшафтов. Весной в лиманах поверхностные отложения и грунтовые воды несколько опресняются за счет притока талых вод. Летом уровень воды в лиманах резко снижается, а иногда она полностью испаряется с поверхности лиманных понижений. В это время происходит капиллярное подтягивание к поверхности солей из минерализованных грунтовых вод и засоление почв. В связи с этим по периферии лиманов формируется галофитная растительность на луговых солонцах. Двучленные солонцово-луговые комплексы подобных лиманов охватывают 4.3% от площади междуречных равнин. Лиманы на Приузенской равнине используются в качестве сенокосных угодий, реже по отаве выпасают скот (Пичугина, 2012).

Второй район исследований в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан также расположен на северо-западе заволжской части Прикаспийской низменности, в пределах двух природно-геоморфологических районов: бессточной суглинистой Джаныбекской полупустынной равнины и Арал-Сорской озёрно-солончаковой депрессии. Эти территории характеризуются пестрым почвенным покровом и выраженным мезо- и микрорельефом. Элементы мезорельефа – большие плоские лиманы глубиной до 2 м, площадью иногда больше 1000 га и плоские понижения – падины глубиной до 1 м, площадью от 2-3 до 200 га. Лиманы заняты корневищно-злаковой растительностью на лугово-каштановых оглеенных почвах и солодях, так как они иногда затапливаются тальми весенними водами. В падинах развита злаково-разнотравная растительность степного типа на лугово-каштановых почвах. Остальная территория района имеет комплексный почвенно-растительный покров, разности которого имеют размеры от единиц до нескольких десятков метров и представлены солонцовыми почвами с чернопыльно-солянковыми растительными ассоциациями и разновидностями каштановых почв с типчakovыми, житняковыми, пижмовыми, острцовыми и злаково-разнотравными растительными ассоциациями.

В целом картина ландшафтной структуры Джаныбекской полупустынной равнины и Арал-Сорской озёрно-солончаковой депрессии совпадает с таковой Межузенской и Узено-Дюринской равнин. Имеющиеся различия определяются некоторыми отличиями в ландшафтной структуре этих районов и большей аридностью климата первых двух. В обследованных районах Западно-Казахстанской области среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм при испаряемости до 1000 мм, а в Саратовской области в местах расположения ключевых участков среднегодовое количество осадков достигает 355 мм при величине испаряемости около 900 мм.

*Материал и методы.* Исследования структуры населения и численности жаворонков в степной и полупустынной зонах Прикаспийской низменности проводились с 2011 по 2018 г. Работы были выполнены на территориях Александрово-Гайского района Саратовской области, Джаныбекского и Бокейордынского районов Западно-Казахстанской области Республики Казахстан. Исследование выполнено на шести ключевых участках площадью по 25 км<sup>2</sup> каждый. В Западно-Казахстанской области Республики Казахстан в Джаныбекском районе, расположенном на бессточной суглинистой Джаныбекской полупустынной равнине, обследовался ключевой участок «Борсы». В Бокейординском районе той же области Казахстана в Арал-Сорской озёрно-солончаковой депрессии обследовался ключевой участок «Арал-Сор». В российской части Прикаспийской низменности обследовались четыре ключевых участка, один из которых – «Ахмат» – расположен в Узено-Дюринском ландшафте, а остальные три – «Жданов», «Байгужа» и «Ветелки» – в Межузенском ландшафте.

За восьмилетний период исследований с конца апреля по начало июня пройдено свыше 250 км пеших учётных маршрутов, на которых зафиксировано 5 видов жаворонков (*Alauda arvensis*, *Melanocorypha calandra*, *M. leucoptera*, *M. yeltoniensis*, *Calandrella rufescens*). Плотность распределения поющих самцов, а по ним и ориентировочное количество гнездящихся пар определяли при помощи маршрутного метода с переменной шириной учетной полосы (Равкин, Челинцев 1990; Бибби и др., 2000) в сезон гнездования воробьиных птиц.

Динамика плотности и линии тренда рассчитывались при помощи программы Microsoft Excel. Мера соответствия эмпирических распределений линиям тренда отражена коэффициентом детерминации ( $R^2$ ). Статистическая обработка данных учетов была проведена с использованием программы Statistica 13.0. Рассчитывались динамические ряды каждого вида жаворонков (темп прироста –  $T_{пр}$ ), групповые статистические показатели:  $R$  – размах колебаний плотности жаворонков,  $u$  – коэффициент вариации. Кроме этого, с помощью применения статистики Пирсона  $\chi^2$  была определена нормальность распределения плотности жаворонков в местах их обитания.

Был проведен корреляционный анализ связи плотности жаворонков со значениями вегетационного индекса (*NDVI*), которые коррелируют с фитомассой (Федорова, 2012; Vox et al., 1989; Paquelo et al., 1997; Kawamura et al., 2005 и др.). Для семейства жаворонков, как представителей наземно-гнездящихся видов, важную роль играет биомасса наземной зеленой (вегетирующей) растительности с временным шагом в один год, т.е. плотность жаворонков за текущий год и значения *NDVI* за предыдущий. Эти показатели были оценены на основании суммы значений вегетационного индекса *NDVI* и рассчитаны с использованием космоснимков Landsat-8 с разрешением 30 м. Подробнее о применении этого метода см.: Опарин и др., 2014, 2015.

Для сравнения данных по плотности отдельных видов, полученных в ходе учетов жаворонков, был использован непараметрический критерий  $F$  Краскала – Уоллиса (Kruskal, Wallis, 1952). Чем больше значение  $F$ -критерия, тем больше оснований отклонить нулевую гипотезу об отсутствии разницы между сравниваемыми

мыми группами жаворонков. Если рассчитанное по выборочным данным значение превышает  $F_{\text{крит}}$ , то нулевая гипотеза отклоняется. Следует подчеркнуть, что подобно классическому дисперсионному анализу тест Краскела – Уоллиса позволяет сделать заключение только следующего вида: либо «сравняемые группы статистически значимо различаются» (при  $p < 0.05$ ), либо «статистически значимых различий между группами нет» ( $p > 0.05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее в наших работах было охарактеризовано распределение жаворонков по местообитаниям в Прикаспийской полупустыне Заволжья на основе маршрутных учетов в гнездовой период с использованием среднemasштабных карт растительности и почв, а также геоботанических описаний и дешифрирования космоснимков высокого разрешения на ключевых участках (Опарин и др., 2013, 2014, 2015, 2017). При анализе данных учетов была установлена высокая положительная корреляция между численностью серого жаворонка и долей оголенной поверхности (такыровидной) с солонцами в растительном покрове ( $r = 0.73$ ,  $p = 0.04$ ), а также между численностью степного жаворонка и долей зарослей кустарников и степных травянисто-кустарниковых сообществ в растительном покрове ( $r = 0.74$ ,  $p = 0.01$ ). Средняя положительная корреляция установлена между численностью белокрылого жаворонка и долей пижмово-чернопыльно-прутнякового сообщества в растительном покрове ( $r = 0.65$ ,  $p = 0.04$ ) (Опарин и др., 2017).

Межгодовая динамика структуры доминирования сообщества жаворонков, изученная на четырех ключевых участках в Прикаспийской низменности в Александрово-Гайском районе, представлена на рис. 1. Видно, что с 2011 по 2013 г. доминировали вместе, либо попеременно степной и белокрылый жаворонки, а с 2014 по 2018 г. доминирование перешло к полевому жаворонку.



**Рис. 1.** Межгодовая динамика структуры доминирования сообщества жаворонков на территории Прикаспийской низменности в Александрово-Гайском районе Саратовской области

Многолетняя динамика структуры доминирования сообщества жаворонков, изученная на двух ключевых участках в Прикаспийской низменности в Западно-Казахстанской области, представлена на рис. 2. Видно, что на ключевом участке «Борсь», расположенном на бессточной суглинистой Джаныбекской полупустынной равнине, с 2014 по 2018 г. доминировали попеременно степной и серый жаворонки, а в 2018 г. доминирование перешло к белокрылому жаворонку. Полевой

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА ЖАВОРОНКОВ

жаворонок в первые два года наблюдений был второстепенным, в 2017 г. стал редким видом, а в 2018 г. исчез вовсе. В Арал-Сорской озёрно-солончаковой депрессии с 2014 по 2017 г. доминировал степной жаворонок, содоминировал ему серый жаворонок, белокрылый жаворонок был второстепенным и редким, в 2018 г. все три названных вида были здесь содоминирующими. Полевой жаворонок на этой территории большую часть лет наблюдений отсутствовал и лишь в 2016 г. встречался в небольшом количестве как очень редкий вид.

Виды	Статус вида				Виды	Статус вида			
	Годы наблюдений					Годы наблюдений			
	2014	2016	2017	2018		2014	2016	2017	2018
<i>Alauda arvensis</i>					<i>Alauda arvensis</i>				
<i>Melanocorypha calandra</i>					<i>Melanocorypha calandra</i>				
<i>Melanocorypha leucoptera</i>					<i>Melanocorypha leucoptera</i>				
<i>Calandrella rufescens</i>					<i>Calandrella rufescens</i>				

*a*

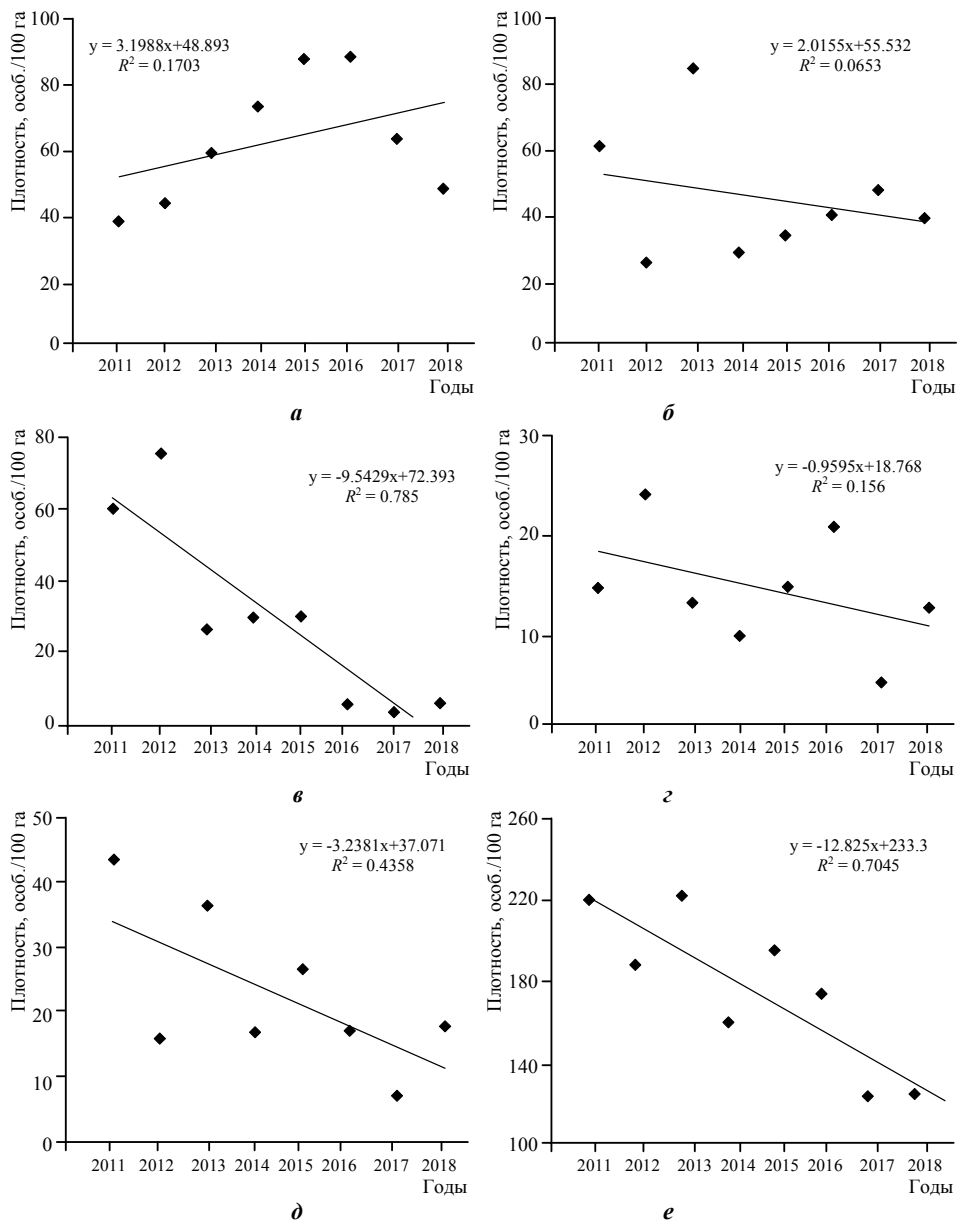
*б*

**Рис. 2.** Межгодовая динамика структуры доминирования сообщества жаворонок на территории Прикаспийской низменности в Западно-Казахстанской области: *a* – ключевой участок «Арал Сор», *б* – ключевой участок «Борсы». Условные обозначения см. рис. 1

Динамика плотности гнездового населения жаворонок изучена на основе данных, полученных на четырех ключевых участках в полупустыне Прикаспийской низменности в Александрово-Гайском районе Саратовской области. Расчет линий тренда показал, что за период исследований наблюдается спад плотности четырех видов жаворонок (рис. 3). При этом максимальное снижение среднего темпа прироста отмечено у белокрылого жаворонка ( $T_{np} = -28.4\%$ ), это подтверждается и линией тренда (см. рис. 3).  $T_{np}$  у степного жаворонка составил 5.9%, у серого – 12.1% и чёрного – 1.8%, в отличие от полевого жаворонка, который демонстрирует положительный темп прироста +3.3%. У всех перечисленных видов жаворонок из саратовской части Прикаспийской низменности коэффициенты линий тренда имеют отрицательные значения. Исключение составляет полевой жаворонок, коэффициент линии тренда которого имеет положительное значение.

Напротив, анализ, проведенный по данным учетов в Западно-Казахстанской области, показывает резкое снижение плотности полевого жаворонка ( $T_{np} = -99.9\%$ ) на фоне роста численности белокрылого (+25.2%). Различия в трендах динамики численности жаворонок выявлены на фоне разных значений темпов прироста вегетационного индекса в Саратовской области (-1.7%) и Западно-Казахстанской области (-0.8%).

Выявленные различия в темпах изменения вегетационного индекса и связанных с ним темпах прироста плотности жаворонок в российской и казахстанской частях Прикаспийской низменности отчасти следует обосновать различиями климата, но можно объяснить и отличиями антропогенного пресса. В последнее время в Казахстане возросло поголовье крупного и мелкого рогатого скота, а также, по нашим наблюдениям и опросам местных жителей, значительно выросла численность сайгаков. Названные обстоятельства могли повлиять на растительный по-



**Рис. 3.** Динамика плотности жаворонков и линий тренда по годам исследования в Александрово-Гайском районе Саратовской области: *а* – полевой, *б* – степной; *в* – белокрылый; *г* – чёрный; *д* – серый, *е* – суммарная плотность жаворонков

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА ЖАВОРОНКОВ

кров в местах исследований за счет увеличения пастбищной нагрузки, что привлекло на гнездование в Казахстане белокрылого и вызвало сокращение обилия полевого жаворонков.

Корреляционный анализ связи плотности жаворонков с вегетационным индексом, рассчитанный с временным шагом в один год, показал высокую отрицательную зависимость значений плотности степного жаворонка и *NDVI* в Александрово-Гайском районе Саратовской области. Другие виды этой группы птиц демонстрируют более слабую корреляционную связь со значениями этого индекса. Для казахстанской части Прикаспийской низменности выявлены высокие и средний уровни отрицательной корреляционной зависимости значений *NDVI* и плотности для степного и полевого жаворонков и высокая положительная связь с этим показателем для белокрылого жаворонка (табл. 1).

**Таблица 1**

Корреляция плотности населения различных видов жаворонков и значений *NDVI* на различных участках

Виды	Индекс ранговой корреляции Спирмена	
	Саратовская область	Западно-Казахстанская область
Полевой жаворонок	0.21	<b>-0.47</b>
Степной жаворонок	<b>-0.79</b>	<b>-0.83</b>
Белокрылый жаворонок	0.43	<b>0.64</b>
Чёрный жаворонок	0.05	Вид отсутствует
Серый жаворонок	-0.19	-0.41

*Примечание.* Полужирным шрифтом выделены показатели, говорящие о статистической значимости корреляционной связи.

Среднее линейное отклонение, т.е. среднее изменение плотности в каждый год исследования, высокое у трех видов жаворонков: полевого, степного и белокрылого (табл. 2). У полевого и степного жаворонков в Александрово-Гайском районе Саратовской области изменение плотности по годам имеет нормальное распределение, а это означает, что полученные в ходе исследований показатели плотности по каждому году не являются случайными величинами и соответствуют теоретическому распределению. Благодаря этому, можно прогнозировать плотность данных видов на последующие годы. У других представителей семейства, белокрылого, чёрного и серого жаворонков, распределение плотностей по годам не является нормальным. Следовательно, плотность этих видов в разные годы является случайной величиной, что не дает возможности ее прогнозировать.

В Западно-Казахстанской области изменение плотности по годам у полевого жаворонка также демонстрирует равномерное распределение. У этого вида выявлены сравнительно низкие показатели размаха вариации (табл. 3). Максимальный размах вариации наблюдается у степного жаворонка (65.0 особ./100 га). Распределение плотностей степного, белокрылого и серого жаворонков не соответствуют закону Пуассона и значительно меняется по годам в зависимости от различных факторов.



Таблица 2

Статистические показатели динамики плотности жаворонков  
в Александрово-Гайском районе Саратовской области

Виды	Средняя взвешенная, особ./100 га	$R$ – размах вариации, особ./100 га	Среднее линейное отклонение, особ./100 га	$u$ – коэффициент вариации, %	Критерий $\chi^2$ Пирсона	Распределение плотности по годам
Полевой жаворонок	63.3	49.5	15.3	28.8	4.08	Нормальное
Степной жаворонок	46.5	58.5	14.4	38.9	7.2	Нормальное
Белокрылый жаворонок	29.5	72.1	19.3	83.8	64.81	Отлично от нормального
Чёрный жаворонок	14.5	19.2	4.1	38.5	18.44	Отлично от нормального
Серый жаворонок	22.5	36.4	9.6	50.0	22.98	Отлично от нормального

Сравнительный анализ распределения по годам плотности жаворонков в Западно-Казахстанской области проведен с помощью критерия  $F$  Краскала – Уоллиса. Он показал, что плотности видов жаворонков статистически отличаются при  $p < 0.001$ . При сравнении доли отдельных видов в сообществе жаворонков статистически значимые различия ( $p < 0.05$ ) имеют место при сравнении полевого и степного жаворонков между собой и с белокрылым и серым жаворонками. Достоверных отличий в долях белокрылого и серого жаворонков не обнаружено, что объясняется схожими требованиями к местообитаниям этих видов (рис. 4). Падины и лиманы в обследованной казахстанской части Прикаспийской низменности, в которых может гнездиться полевой жаворонок, занимают сравнительно небольшие площади (< 10%). Эти фации ландшафтов мало меняются по годам, что и объясняет стабильность доли полевого жаворонка в сообществе данных птиц.

Таблица 3

Статистические показатели динамики плотности жаворонков  
в Западно-Казахстанской области

Виды	Средняя взвешенная, особ./100 га	$R$ – Размах вариации, особ./100 га	Среднее линейное отклонение, особ./100 га	$u$ – коэффициент вариации, %	Критерий $\chi^2$ Пирсона	Распределение плотности по годам
Полевой жаворонок	4.4	9.4	3.5	85.4	1.49	Нормальное
Степной жаворонок	59.7	65.0	20.3	34.0	19.31	Отлично от нормального
Белокрылый жаворонок	20.0	32.0	10.7	64.1	11.4	Отлично от нормального
Серый жаворонок	22.2	45.5	15.4	81.1	45.4	Отлично от нормального

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА ЖАВОРОНКОВ

Установлено, что в Александрово-Гайском районе по критерию  $F$  Краскала – Уоллиса статистически значимых различий в долях жаворонков по годам между видами не обнаружено.

На рис. 5 приведено сравнение долей полевого жаворонка в сообществе этих птиц в Саратовской области и Западно-Казахстанской области. Сравнительный анализ показал статистически значимые различия долей этого вида ( $p < 0.05$ ). Для других представителей семейства жаворонков статистически значимых отличий при сравнении их сообществ в названных участках ареалов не выявлено.

Статистически значимые различия долей полевого жаворонка в сообществах этих птиц в исследованных участках ареала объясняются различиями ландшафтной структуры. В Прикаспийской низменности Саратовской области лиманы и пдины занимают 22.1% общей территории, в отличие от Западно-Казахстанской области, где их площадь составляет менее 10% (Доскач, 1979; Макаров, Пичугина, 2015).

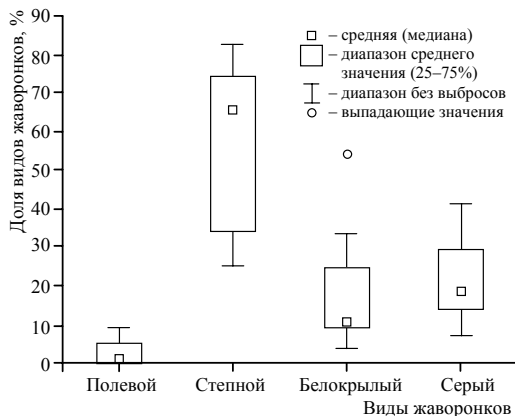


Рис. 4. Динамика доли вида жаворонков в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан за период исследования

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, за восьмилетний период исследований, проведенных в Прикаспийской низменности Саратовской области и Западно-Казахстанской области Республики Казахстан, удалось собрать материал, на основании которого были сделаны статистические описания многолетней динамики гнездового населения жаворонков. Установлено, что в Саратовской области наблюдаются тенденции снижения плотности у четырех видов: степного, белокрылого, чёрного и серого жаворонков. Максимальное ее снижение отмечено в саратовской части Прикаспийской низменности у белокрылого жаворонка ( $T_{пр} = -28.4\%$ ). В казахстанской части ареала исследованного сообщества птиц максимальный отрицательный темп прироста ( $T_{пр} = -99.9\%$ ) зарегистрирован



Рис. 5. Динамика плотности полевого жаворонка в Саратовской области и Западно-Казахстанской области

у полевого жаворонка, а максимальный положительный – у белокрылого ( $T_{пр} = +25.2$ ). Кроме этого, в Западно-Казахстанской области выявлена высокая и средняя отрицательная корреляционная связь плотности птиц со значениями *NDVI* для степного и полевого жаворонков и высокая положительная связь этих параметров у белокрылого жаворонка. В Саратовской области высокая отрицательная корреляционная связь плотности птиц со значениями *NDVI* обнаружена только для степного жаворонка ( $-0.79$ ). Распределения плотности полевого жаворонка по годам на различных ключевых участках схожи в отличие от других статистических показателей ( $T_{пр}$ ,  $R^2$ ,  $F$  и др.).

Результаты исследования дают возможность предположить, что на динамику плотности жаворонков и структуру их гнездового населения оказывают влияние уровень вегетации растительности в предшествующий год, интенсивность выпаса скота, а также структура растительного покрова, связанная с почвогрунтовыми условиями этого мозаичного ландшафта.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-05-00488) (50%), Программы Президиума РАН «Биоразнообразии природных систем и биологических ресурсов России» (проект № 0109-2018-0067 «Закономерности изменения биоразнообразия в антропогенно-трансформированных экосистемах») (20%) и плановой научной темы (проект № 0109-2018-00010) (30%).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бибби К., Джонс М., Марсен С. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / Союз охраны птиц России. М., 2000. 186 с.
- Доскач А. Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М. : Наука, 1979. 143 с.
- Копыл И. В., Николаев В. А. Физико-географическое районирование Прикаспийской низменности по материалам космической съемки // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1984. № 1. С. 65 – 70.
- Макаров В. З., Пичугина Н. В. Полупустынное Саратовское Приустье : структура почвенного покрова, ландшафты и проблемы природопользования. Саратов : ИЦ «Наука», 2015. 193 с.
- Макаров В. З., Пичугина Н. В., Гусев В. А. К вопросу ландшафтного и сельскохозяйственного районирования Саратовского Заволжья // Основы рационального природопользования : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. Саратов : Изд-во «Саратовский источник», 2013. С. 157 – 161.
- Опарин М. Л., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Рубан О. А. Структура населения наземногнездящихся птиц саратовского Заволжья и ее внутривековая и межгодовая динамика // Поволж. экол. журн. 2013. № 3. С. 280 – 290.
- Опарин М. Л., Конюшкова М. В., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Шадрин М. Б., Рубан О. А. Структура гнездового населения жаворонков (Alaudidae, Aves) в типичных местообитаниях полупустыни Прикаспийской низменности // Поволж. экол. журн. 2014. № 3. С. 379 – 392.
- Опарин М. Л., Кондратенков И. А., Конюшкова М. В., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Трофимов И. А., Трофимова Л. С. Динамика структуры гнездового населения жаворонков (Alaudidae, Aves) в полупустыне саратовского Заволжья // Поволж. экол. журн. 2015. № 3. С. 277 – 293.

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА ЖАВОРОНКОВ

*Опарин М. Л., Нухимовская Ю. Д., Конюшкова М. В., Трофимова Л. С., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Трофимов И. А.* Анализ почвенно-растительного покрова по космическим снимкам для оценки связи с местообитаниями жаворонков (Alaudidae, Aves) в заволжской полупустыне // Поволж. экол. журн. 2017. № 4. С. 369 – 381.

*Пичугина Н. В.* Ландшафтная структура и функциональное использование полупустынного Саратовского Приузенья // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья : прошлое, настоящее, будущее : материалы междунар. науч. конф. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005. С. 41 – 43.

*Пичугина Н. В.* Ландшафтная структура полупустынного Саратовского Приузенья // Ландшафтоведение : теория, методы, региональные исследования, практика : материалы XI междунар. ландшафтной конф. / отв. ред. К. Н. Дьяконов. М. : Изд-во МГУ, 2006. С. 23 – 32.

*Пичугина Н. В.* Геоэкологические аспекты природопользования в полупустынном саратовском Приузенье : дис. ... канд. геогр. наук. Астрахань, 2012. 137 с.

*Равкин Е. С., Челинцев Н. Г.* Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т охраны природы и заповедного дела. М., 1990. 36 с.

*Федорова Н. Л.* Структура и динамика естественных экосистем и их компонентов в Государственном природном биосферном заповеднике «Черные Земли» : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2012. 19 с.

*Vox E. O., Holben V. N., Kalb V.* Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO<sub>2</sub> flux // Vegetatio. 1989. Vol. 80, iss. 2. P. 71 – 89.

*Kawamura K., Akiyama T., Yokota H., Tsutsumi M., Yasuda T., Watanabe O., Wang S.* Comparing MODIS vegetation indices with AVHRR NDVI for monitoring the forage quantity and quality in Inner Mongolia grassland, China // Grassland Science. 2005. Vol. 51, iss. 1. P. 33 – 40.

*Kruskal W. H., Wallis W. A.* The use of ranks in one-criterion variance analysis // J. of the American Statistical Association. 1952. Vol. 47, № 260. P. 583 – 621.

*Paruelo J. M., Epstein H. E., Lauenroth W. K., Burke I. C.* ANPP estimates from NDVI for the Central grassland region of the United States // Ecology. 1997. Vol. 78, № 3. P. 953 – 958.

*Pearson K.* On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling // Philosophical Magazine Series. 1900. Vol. 5, iss. 50 (302). P. 157 – 175.

М. Л. Опарин, А. Б. Мамаев, О. С. Опарина, Л. С. Трофимова

**LONG-TERM DYNAMICS OF THE COMMUNITY STRUCTURE OF LARKS  
(ALAUDIDAE, AVES) IN THE NORTH-WESTERN CASPIAN LOWLAND**

**Mikhail L. Oparin<sup>1</sup>, Askhat B. Mamaev<sup>1</sup>, Olga S. Oparina<sup>1</sup>, and Liudmila S. Trofimova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Saratov branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,  
Russian Academy of Sciences  
24 Rabochaya Str., Saratov 410028, Russia*

<sup>2</sup>*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology  
1 Science Town, Lobnya, Moscow region 141055, Russia  
E-mail: oparinml@mail.ru*

Received 28 July 2018, revised 14 August 2018, accepted 29 August 2018

Oparin M. L., Mamaev A. B., Oparina O. S., Trofimova L. S. Long-term Dynamics of the Community Structure of Larks (Alaudidae, Aves) in the North-Western Caspian Lowland. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2018, no. 3, pp. 300 – 314 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-300-314>

We studied the population structure and the number of larks in the steppe and semi-desert zones of the Caspian Lowland (within the territories of Alexandrov-Gay district of the Saratov region, Russian Federation, Dzhanlybek and Bokey-Ordyn districts of the Western-Kazakhstan region, Republic of Kazakhstan) in six key areas in 2011 – 2018. From the data obtained, dynamic series of the density dynamics were calculated for each lark species ( $T_{gr}$ , growth rate), the group statistical indicators:  $R$  is the fluctuation magnitude of larks,  $u$  the coefficient of variation, etc., using Pearson's  $\chi^2$ , the normal type of lark distribution was checked in their habitats. A correlation analysis between the density of larks and the vegetation index ( $NDVI$ ) values was done. It has been established that four lark species (the steppe, white-winged, black and gray larks) show a tendency of decreasing their density in Alexandrov-Gay district. The maximum abundance decrease was observed for the White-winged Lark ( $T_{gr} = -28.4\%$ ,  $R^2 = 0.785$ ). In the Western Kazakhstan part of the habitat, the highest negative growth rate ( $T_{gr} = -99.9\%$ ) was recorded for the field lark, while the maximum positive one was for the white-winged lark ( $T_{gr} = +25.2$ ). It has been revealed that the lark density dynamics and the structure of their nesting population are influenced by the vegetation level in the previous year, and the vegetation structure associated with the soil and ground conditions of this mosaic landscape and the anthropogenic press such as cattle pasture.

*Key words:* lark community, abundance dynamics, vegetation index, Saratov region, Western-Kazakhstan region, Caspian Lowland.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2018-3-300-314>

**Acknowledgments:** This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 16-05-00488) (50%) and by the Presidium of the Russian Academy of Sciences (project no. 41 “Biodiversity of natural systems and biological resources of Russia”) (20%) and the planned research topic (project no. 0109-2018-00010) (30%).

## REFERENCES

- Bibby C., Jones M., Marsden S. *Expedition Field Techniques. Bird Surveys*. Moscow, Soyuz okhrany ptits Rossii, 2000. 186 p. (in Russian).
- Doskach A. G. *Prirodnaya rayonirovaniye Prikaspiyskoy polupustyni* [Natural Zoning of the Cis-Caspian Semidesert]. Moscow, Nauka Publ., 1979. 141 p. (in Russian).
- Kopyl I. V., Nikolaev V. A. Physico-Geographical Regionalization of Caspian Lowland Based on Space Survey Materials. *Moscow University Bulletin. Ser. 5. Geography*, 1984, no. 1, pp. 65–70 (in Russian).
- Makarov V. Z., Pichugina N. V. *Polupustynnoye Saratovskoye Priuzenye: struktura pochvennogo pokrova. landshafty i problemy prirodopolzovaniya*. Saratov, ITs “Nauka” Publ., 2015. 193 p. (in Russian).
- Makarov V. Z., Pichugina N. V., Gusev V. A. K voprosu landshaftnogo i selskokozyaystvennogo rayonirovaniya Saratovskogo Zavolzhia. *Osnovy ratsionalnogo prirodopolzovaniya: Materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Saratov, Izdatelstvo “Saratovskiy istochnik”*, 2013, pp. 157–161 (in Russian).
- Oparin M. L., Oparin O. S., Mamayev A. B., Ruban O. A. Population Structure of Ground-nesting Birds in the Saratov Trans-Volga Region and its Intracentury and Interannual Dynamics. *Povolzhskiy J. of Ecology*, 2013, no. 3, pp. 280–290 (in Russian).
- Oparin M. L., Konyushkova M. V., Oparina O. S., Mamayev A. B., Shadrina M. B., Ruban O. A. Structure of a Lark (Alaudidae, Aves) Breeding Population in Typical Semi-desert Habitats of the Caspian Lowland. *Povolzhskiy J. of Ecology*, 2014, no. 3, pp. 379–392 (in Russian).
- Oparin M. L., Kondratenkov I. A., Konyushkova M. V., Oparina O. S., Mamayev A. B., Trofimov I. A., Trofimova L. S. Structure Dynamics of the Breeding Population of Larks (Alaudidae, Aves) in a Semidesert of the Saratov Trans-Volga Region. *Povolzhskiy J. of Ecology*, 2015, no. 3, pp. 277–293 (in Russian).
- Oparin M. L., Nukhimovskaya Yu. D., Konyushkova M. V., Trofimova L. S., Oparina O. S., Mamayev A. B., Trofimov I. A. Analysis of Soil and Vegetation Cover from Satellite Imagery to Assess its Relation With Lark Habitats (Alaudidae, Aves) in the Trans-Volga Semidesert. *Povolzhskiy J. of Ecology*, 2017, no. 4, pp. 369–381 (in Russian).
- Pichugina N. V. Landscape structure and the functional use of the Uzen semideserts in the Saratov region. In: *Bioresources and Biodiversity of Volga Ecosystems: Their Past, Present, Future: Proceedings of the International Meeting*. Saratov, Saratov University Press, 2005, pp. 41–43 (in Russian).
- Pichugina N. V. Landscape structure of the semi-arid Cis-Uzen’ region of Saratov oblast. In: *Landscape Science: Theory, Methods, Regional Studies, and Practice: Proceedings of the International Landscape Conference*. Moscow, Izdatelstvo MGU, 2006, pp. 23–32 (in Russian).
- Pichugina N. V. *Geoekologicheskiye aspekty prirodopolzovaniya v polupustynnom saratovskom Priuzenye* [Geoenvironmental aspects of nature use in the semi-arid Cis-Uzen’ region of Saratov oblast]. Diss. Cand. Sci. (Geogr.). Astrakhan, 2012. 137 p. (in Russian).
- Ravkin E. S., Chelintsev N. G. *Metodicheskiye rekomendatsii po kompleksnomu marshrutnomu uchetu ptits* [Guidelines for Integrated Route Counts of Birds]. Moscow, VNII okhrany prirody i zapovednogo dela, 1990. 36 p. (in Russian).
- Fedorova N. L. *Struktura i dinamika estestvennykh ekosistem i ikh komponentov v Gosudarstvennom prirodnom biosfernom zapovednike “Chernyye Zemli”* [Structure and dynamics of natural ecosystems and their components in the “Chernyye Zemli” State Nature Biosphere Reserve]. Thesis Diss. Cand. Sci. (Biol.). Saratov, 2012. 19 p. (in Russian).
- Box E. O., Holben B. N., Kalb V. Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO<sub>2</sub> flux. *Vegetatio*, 1989, vol. 80, iss. 2, pp. 71–89.

М. Л. Опарин, А. Б. Мамаев, О. С. Опарина, Л. С. Трофимова

Kawamura K., Akiyama T., Yokota H., Tsutsumi M., Yasuda T., Watanabe O., Wang S. Comparing MODIS vegetation indices with AVHRR *NDVI* for monitoring the forage quantity and quality in Inner Mongolia grassland, China. *Grassland Science*, 2005, vol. 51, iss. 1, pp. 33–40.

Kruskal W. H., Wallis W. A. The use of ranks in one-criterion variance analysis. *J. of the American Statistical Association*, 1952, vol. 47, no. 260, pp. 583–621.

Paruelo J. M., Epstein H. E., Lauenroth W. K., Burke I. C. ANPP estimates from *NDVI* for the Central grassland region of the United States. *Ecology*, 1997, vol. 78, no. 3, pp. 953–958.

Pearson K. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *Philosophical Magazine Series*, 1900, vol. 5, iss. 50 (302), pp. 157–175.