

**ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ
ЖАВОРОНКОВ (ALAUDIDAE, AVES)
В ПОЛУПУСТЫНЕ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

**М. Л. Опарин¹, И. А. Кондратенков², М. В. Конюшкова³,
О. С. Опарина¹, А. Б. Мамаев¹, И. А. Трофимов⁴, Л. С. Трофимова⁴**

¹ *Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им А. Н. Северцова РАН
Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24
E-mail: oparinml@mail.ru*

² *Управление охотничьего хозяйства и рыболовства Саратовской области
Россия, 410012, Саратов, Университетская, 45/51*

³ *Почвенный институт им. В. В. Докучаева
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, корп. 2*

⁴ *Всероссийский научно-исследовательский институт кормов
имени В. Р. Вильямса Россельхозакадемии
Россия, 141055, Московской обл., Лобня, Научный городок*

Поступила в редакцию 17.07.15 г.

Динамика структуры гнездового населения жаворонков (Alaudidae, Aves) в полупустыне саратовского Заволжья. – Опарин М. Л., Кондратенков И. А., Конюшкова М. В., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Трофимов И. А., Трофимова Л. С. – По материалам о плотности гнездовых пар пяти видов жаворонков, полученных на основе маршрутных учётов, рассмотрена динамика их населения в Межузенском и Узенско-Дюринском ландшафтах полупустыни Прикаспийской низменности. Учёты в течение пяти лет проводились на ключевых участках площадью 25 км², на которых выполнялось картирование, а также описание почв и растительности с применением методов дистанционного зондирования. Проведение комплексных работ на ключевых участках позволило выявить динамику отдельных видов семейства жаворонковых, характерных для северо-запада заволжской части Прикаспийской низменности, и связать ее с изменениями уровня вегетации растительного компонента отдельных ландшафтных урочищ в связи с уровнем увлажнения в конкретные годы. Показано, что в условиях монотонной равнины в распределении видового населения жаворонков огромную роль играет мезо- и микрорельеф, определяющий засоленность почвы, распределение влаги и группировок растительности, которые и предопределяют особенности местообитаний птиц. Показана межгодовая изменчивость структуры населения жаворонков, которая в настоящих условиях стабильно невысоких антропогенных нагрузок определяется конкретной погодой отдельных лет, обуславливающей уровень вегетации растительности и, следовательно, изменения условий гнездования птиц в конкретных местообитаниях.

Ключевые слова: Прикаспийская низменность, жаворонки, почвы, растительность, местообитания, дистанционные методы, динамика численности.

Structure dynamics of the breeding population of larks (Alaudidae, Aves) in a semi-desert of the Saratov Trans-Volga region. – Oparin M. L., Kondratenkov I. A., Konyushkova M. V., Oparina O. S., Mamayev A. B., Trofimov I. A., and Trofimova L. S. – According to our data of the density of breeding pairs of five lark species obtained from route accounting, the dynamics of their population in the Mezhuzensky and Uzensko-Dyurinsky landscapes of the semi-desert in the Caspian lowland is considered. Our five-year accounting was carried out in key sites of a 25 km² area, with mapping and description of soils and vegetation using remote sensing tech-

niques. Our comprehensive works on these key areas have revealed the dynamics of individual lark species characteristic of the north-west part of the Trans-Volga part of the Caspian lowland and related it to changes in the level of vegetation of the plant component of separate landscape tracts as depends on the moisture level in certain years. It is shown that in the monotonous plain conditions, an important role in the distribution of the specific population of larks is played by the meso and micro-relief, which determines the soil salinity, the distribution of moisture and vegetation groups (which predetermine features of bird habitats). The interannual variability of the population structure of larks is shown, which, in the modern conditions of consistently low anthropogenic pressure, is determined by the specific weather of certain years, which causes the level of vegetation and, therefore, changes in the nesting conditions of birds in specific habitats.

Key words: Caspian lowland, Alaudidae, soil, vegetation, habitat, remote sensing, population dynamics.

ВВЕДЕНИЕ

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 оглеенных почвах и солодах, так как они иногда затапливаются талыми 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 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 падинные понижения развиты в значительной степени и занимают до 22.1% площади (Доскач, 1979; Пичугина, 2005, 2006). Падины занимают 13.5% от площади междуречных ландшафтов. Они сформированы лугово-степными сообществами на лугово-каштановых почвах (53.1% от площади пادين), 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).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования структуры населения и численности жаворонков в полупустыне Прикаспийской низменности проводились нами с 2011 по 2015 г. Работы были выполнены на территории Александрово-Гайского района Саратовской области. Ранее нами была описана межгодовая динамика населения жаворонков данной территории в основном по литературным данным (Опарин и др., 2013). Изучение распределения гнездовых пар жаворонков по местообитаниям проведено в основном в 2014 г. (Опарин и др., 2014). В этот год в период с конца апреля по начало июня нами было пройдено 157.5 км пеших учётных маршрутов в казахстанской и российской части Прикаспийской низменности. Всего за пять лет наблюдений в Александрово-Гайском районе Саратовской области на четырех ключевых участках для изучения межгодовой динамики численности жаворонков и других аспектов изучения структуры их населения нами было выполнено 125 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 учётной полосы (Равкин, Челинцев 1990; Бибби и др., 2000) в сезон гнездования воробьиных птиц. Учёты жаворонков осуществлялись в утренние и предзакатные часы. Регистрировались поющие самцы, при этом учитывалась их видовая принадлежность. Длина каждого маршрута ограничивалась 1000 м, причем расстояние между параллельными маршрутами не было ближе 250 – 300 м. Учёты проводились постоянными учетчиками в разных направлениях, дабы избежать пересечения маршрутных путей. Расчеты плотности проводились по методу, предложенному Н. Г. Челинцевым (Равкин и др., 1985; Челинцев, 2000, 2001).

Статистическая обработка данных учетов была проведена с использованием метода, предложенного Н. Г. Челинцевым (2000, 2001). При проведении маршрутных учетов животных на достаточно узкой полосе расчет плотности населения проводится по простой формуле:

$$D = \frac{n}{2MW}, \quad (1)$$

где n – общее число животных, обнаруженных на учетной полосе; M – длина учетного маршрута; W – ширина учетной полосы с каждой из сторон маршрута.

Ширина учетной полосы при таком методе расчета должна быть взята настолько малой, чтобы можно было пренебречь недоучетом животных, возникающим за счет снижения их обнаруживаемости в дальних (от оси маршрута) частях полосы (Челинцев, 2000, 2001).

Данный метод обладает рядом недостатков – расстояния обнаружения для разных видов животных, а также для животных одного вида, но в разных стадиях обитания, могут сильно различаться. К тому же в расчет приходится брать не всех

животных, обнаруженных во время учета, что в результате приводит к увеличению статистической ошибки в оценке плотности населения.

Однако этот метод, по мнению авторов, обладает одним неоспоримым преимуществом – получаемые таким образом оценки будут иметь наименьшее смещение относительно фактической плотности населения животных. Ради этого частью наблюдений можно и пожертвовать, особенно если в ходе учета было обнаружено достаточно большое количество животных.

Во время весенних маршрутных учетов жаворонков, проведенных в Александрово-Гайском районе Саратовской области в период с 2011 по 2015 г. на четырех ключевых участках размерами 5×5 км, фиксировались все встречи поющих самцов с одновременным определением перпендикулярных расстояний от птиц до оси маршрута, без ограничений расстояния обнаружения. В ходе исследований было учтено достаточно большое количество жаворонков различных видов, подавляющее большинство птиц обнаруживалось на расстоянии 50 – 60 м от маршрута.

Учитывая вышеизложенное, а также схожесть в поведении учитываемых видов жаворонков и одинаковую открытость всех выделенных станций их обитания, было принято решение ограничить ширину учетной полосы таким образом, чтобы ее можно было считать достаточно узкой.

На основании учетных данных для каждого вида жаворонков и для различных станций их обитания ширина учетной полосы подбиралась так, чтобы рассчитанная по формуле (1) плотность их населения была наибольшей, предполагая, что практически все птицы, находящиеся в пределах определенной таким образом полосы, были учтены.

Рассчитанная таким образом учетная полоса считалась достаточно узкой в указанном ранее смысле, а получаемая при этом плотность населения принималась в качестве оценки фактической плотности населения птиц.

Сравнение данных учетов проводили при помощи непараметрических методов, описанных в литературе (Гублер, 1978; Мардиа, Земроч, 1984; Kruskal, Wallis, 1952).

Для сравнения полученных в ходе учетов жаворонков данных был использован непараметрический критерий F Краскала – Уоллиса (Kruskal, Wallis, 1952). Для определения значений F -распределения с дробными степенями свободы использовались специальные таблицы (Мардиа, Земроч, 1984). Если указанный метод не выявлял существенных различий между сравниваемыми данными, то применялся метод определения различий в средних тенденциях для связанных выборок с последовательным применением критерия знаков и парного критерия T Вилкоксона (Гублер, 1978). В последнем случае сравнивались ряды данных, имеющих максимальное и минимальное значения.

Влияние временного фактора на плотность населения поющих самцов жаворонков определялось методом регрессионного анализа, при котором при помощи программы Statistica 6.0 устанавливалась значимость отличия коэффициента регрессии от нуля. Учитывая небольшой период времени наблюдения в пять лет, для данного анализа был выбран критерий значимости равный 5%, что считаем вполне допустимым для целей настоящего исследования.

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

Расчет коэффициентов корреляции (и создание дендрограммы объединения участков обследования в кластеры методом одиночной связи) был произведен с помощью программы Statistica 6.0.

Условные запасы биомассы надземной зеленой (вегетирующей) растительности были оценены на основании суммы значений вегетационного индекса NDVI в квадратах 5×5 км (20×20 пикселей) на четырех ключевых участках. Мы посчитали подобную процедуру оценки запасов возможной, благодаря результатам многочисленных исследований, в которых было показано, что вегетационный индекс коррелирует с запасами надземной фитомассы (Федорова, 2012; Vox et al., 1989; Paruelo et al., 1997; Kawamura et al., 2005 и др.). Использовался вегетационный индекс NDVI из пакета растровых данных MOD13Q1 (спектрорадиометр MODIS) на дату 10 июня 2011 – 2015 г. с разрешением 250 м (рис. 1).

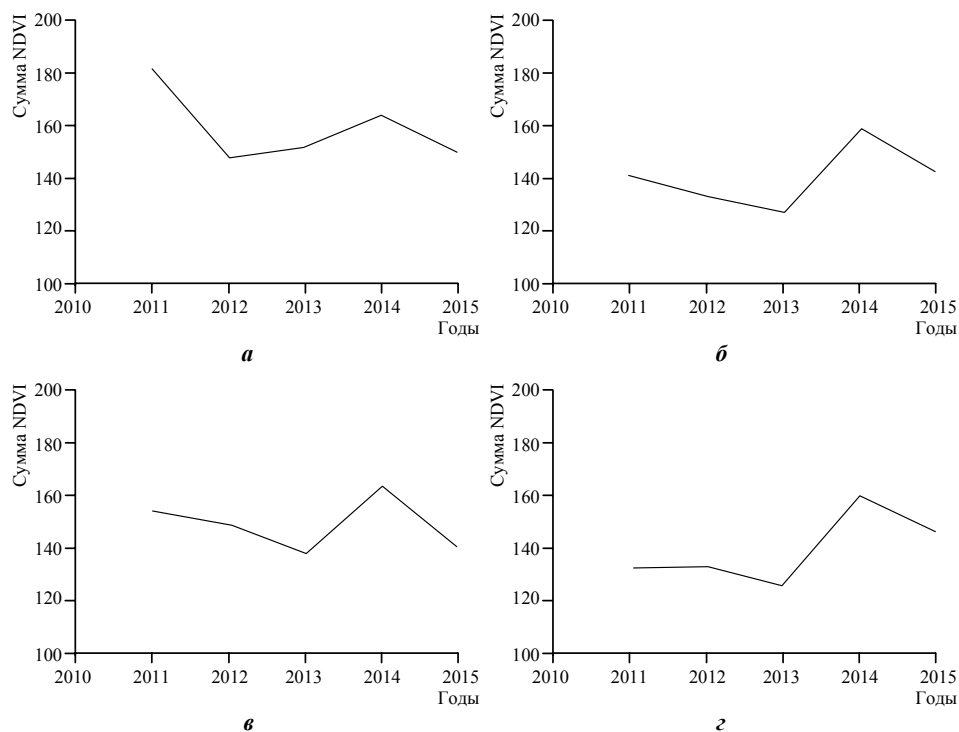


Рис. 1. Динамика суммы NDVI (как показателя запасов надземной зеленой фитомассы) в квадрате 5×5 км (20×20 пикселей) по данным сенсора MODIS по состоянию на первую половину июня: а – Ахмат, б – Байгужа, в – Ветелки, г – Жданов

Почвенные карты участков были составлены на основе визуального анализа снимков Landsat-8 за период май – июнь 2013 – 2014 гг. с привлечением материалов среднемасштабной почвенной карты Прикаспийской низменности и южного

Заволжья, м 1:200 000 (1951), растительность отдельных почвенных контуров описана в ходе геоботанических исследований (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

Характеристика структуры местообитаний на ключевых участках Межузенского и Узено-Дюринского ландшафтов (Саратовская область)

Элементы рельефа	Растительность	Почвы	Процент от общей площади ключевого участка
Ахмат			
Лиман	Корневищно-злаковая (луговая)	Комплекс луговых солонцеватых и солонцов луговых (0 – 10%)	4
Падины	Белопольнно-дерновинно-злаковая (степная)	Лугово-каштановые педин	17
Западины	Белопольнно-дерновинно-злаковая (степная)	Лугово-каштановые западин	14
Микроповышения и их склоны	Ромашниково-чернополынная (пустынная)	Солонцы, светло-каштановые солонцеватые	65
Байгужа			
Падины	Белопольнно-дерновинно-злаковая (степная)	Лугово-каштановые педин	48
Западины	Белопольнно-дерновинно-злаковая (степная)	Лугово-каштановые и лугово-каштановые солонцеватые западин	7
Микроповышения и их склоны	Ромашниково-чернополынная (пустынная)	Солонцы, светло-каштановые солонцеватые	45
Ветелки			
падины	Белопольнно-дерновинно-злаковая (степная)	Лугово-каштановые педин	70
Микроповышения	Солянково- ромашниково-чернополынная (пустынная)	Солонцы	30
Жданов			
Падины	Белопольнно-дерновинно-злаковая (степная)	Лугово-каштановые педин	10
Западины	Белопольнно-дерновинно-злаковая (степная)	Лугово-каштановые солонцеватые западин	4
Микроповышения и их склоны	Ромашниково-чернополынная (пустынная)	Солонцы, светло-каштановые солонцеватые	86

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты учетов на четырех ключевых участках за пять лет, представлены в табл. 2.

В рассматриваемый период времени различия в плотности населения поющих самцов жаворонков между разными видами оказались значимыми для участков обследования «Ахмат», «Байгужа», «Жданов» и в целом для всех участков обследования вместе, для участка обследования «Ветелки» существенных различий в плотности населения различных видов жаворонков не выявлено.

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

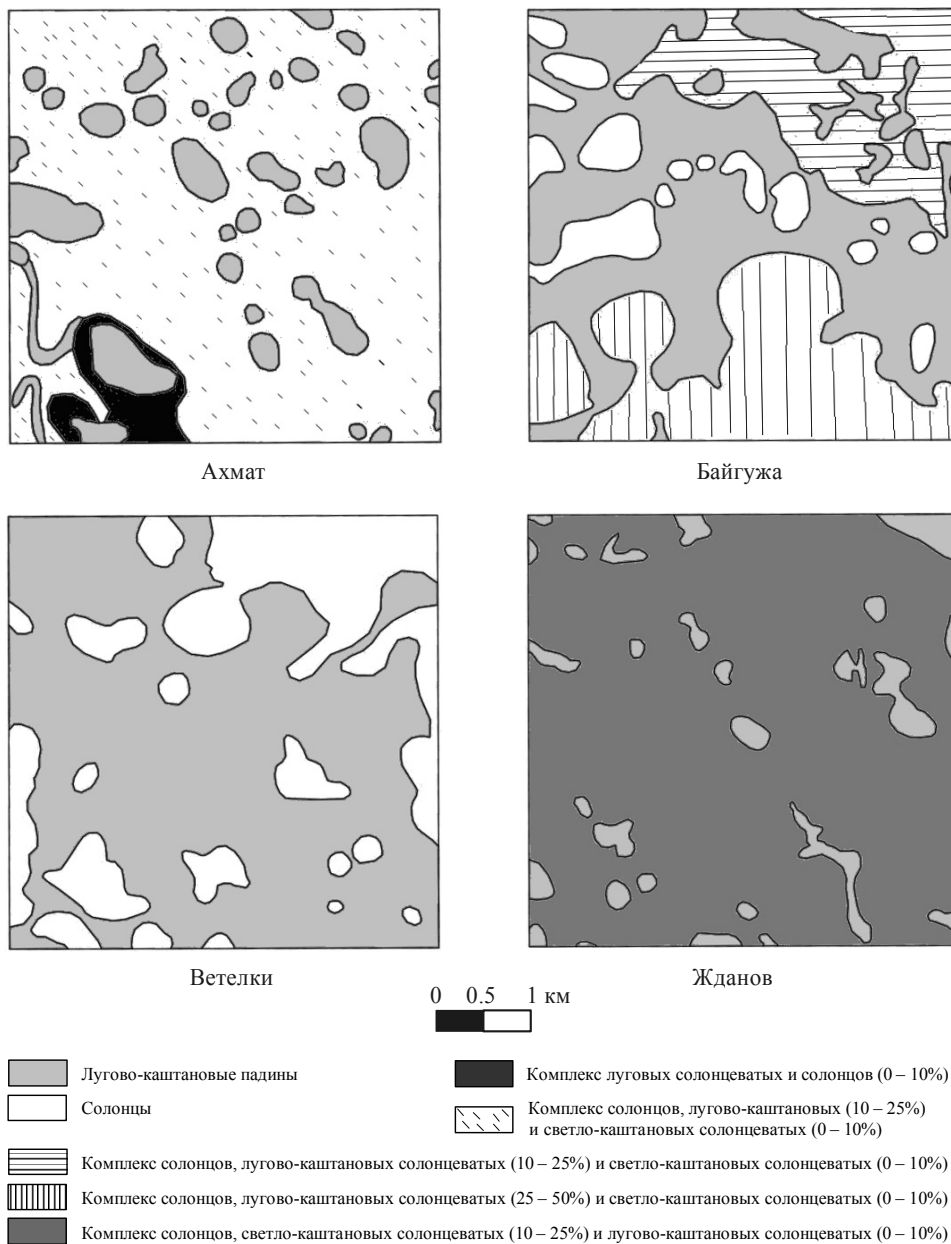


Рис. 2. Почвенные карты ключевых участков (составлены на основе космического снимка Landsat-8 и почвенной карты Волго-Уральского междуречья 1:200000)

Таблица 2

Результаты учета жаворонков на четырех ключевых участках в полупустыне Прикаспийской низменности в Александрово-Гайском районе Саратовской области в 2011 – 2015 гг. (поющих самцов на 1 км²)

Наименование вида	Годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Ахмат					
Полевой жаворонок	116.67	75.00	59.52	122.22	140.74
Степной жаворонок	127.78	33.33	70.83	33.33	31.48
Белокрылый жаворонок	100.00	83.33	16.67	22.22	16.67
Чёрный жаворонок	22.22	33.33	10.42	22.22	7.94
Серый жаворонок	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Все виды	366.67	216.67	150.00	183.33	192.59
Байгужа					
Полевой жаворонок	15.00	31.43	50.00	42.86	11.11
Степной жаворонок	66.67	43.33	75.00	40.00	61.11
Белокрылый жаворонок	52.50	105.00	35.00	35.71	80.00
Чёрный жаворонок	20.00	30.00	28.57	2.86	5.55
Серый жаворонок	85.00	20.00	45.00	16.67	83.33
Все виды	220.00	210.00	225.00	119.05	219.44
Ветелки					
Полевой жаворонок	12.50	37.50	100.00	71.88	198.15
Степной жаворонок	29.17	25.00	91.67	32.29	11.11
Белокрылый жаворонок	50.00	75.00	27.78	40.62	18.52
Чёрный жаворонок	18.50	41.67	16.67	16.67	52.77
Серый жаворонок	50.00	50.00	87.50	40.62	2.00
Все виды	139.28	217.86	279.17	184.38	275.92
Жданов					
Полевой жаворонок	44.44	42.86	50.00	85.18	11.11
Степной жаворонок	33.33	10.00	166.67	23.33	58.33
Белокрылый жаворонок	53.33	46.67	33.33	22.22	8.33
Чёрный жаворонок	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Серый жаворонок	33.33	10.00	8.33	22.22	25.92
Все виды	155.56	103.33	240.62	137.04	100.00
Все участки					
Полевой жаворонок	39.05	44.36	59.52	73.74	87.96
Степной жаворонок	62.22	27.19	85.71	30.00	35.42
Белокрылый жаворонок	60.00	75.44	26.19	29.54	29.86
Чёрный жаворонок	14.44	24.56	13.09	10.10	14.58
Серый жаворонок	43.33	15.79	36.19	16.67	26.39
Все виды	214.44	181.58	216.67	153.03	190.74

Различия в общей плотности населения поющих самцов жаворонков всех видов в разные годы оказались не существенными как для всех участков обследования в отдельности, так и в целом для всех участков обследования вместе.

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

В рассматриваемый период времени различия в плотности населения поющих самцов полевого, степного и серого жаворонков на различных участках обследования оказались значимыми, для остальных видов, а также для всех видов жаворонков вместе, существенных различий в плотности населения на различных участках обследования не выявлено.

Различия в плотности населения поющих самцов жаворонков в целом на всех участках обследования в разные годы оказались значимыми для белокрылого жаворонка, для остальных видов, а также для всех видов жаворонков вместе, существенных различий в плотности населения в разные годы не выявлено.

Динамика изменения плотности населения поющих самцов жаворонков различных видов на различных участках обследования представлена на рис. 3.

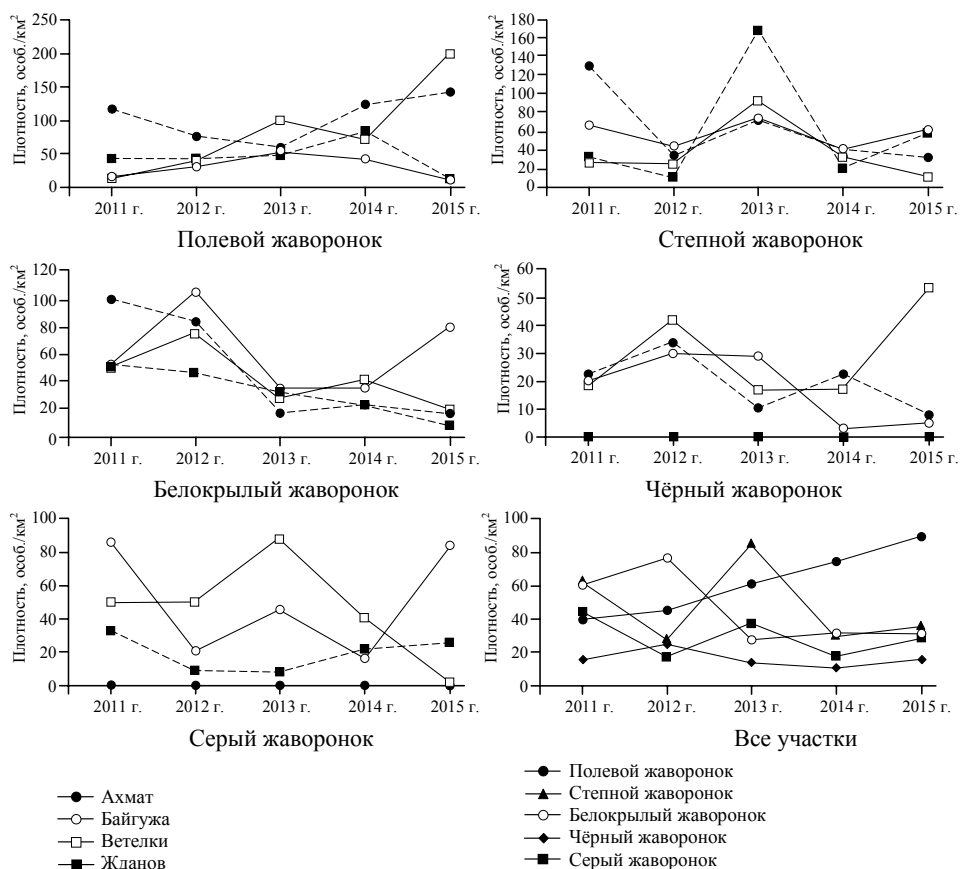


Рис. 3. Динамика плотности различных видов жаворонков в гнездовые периоды 2011 – 2015 гг. на ключевых участках («Ахмат», «Байгужа», «Ветелки», «Жданов») на северо-западе Прикаспийской низменности в саратовском Заволжье

Регрессионный анализ данных временных рядов показал, что плотность населения белокрылого жаворонка существенно уменьшилась на участках обследования «Ахмат» и «Жданов», плотность населения полевого жаворонка существенно увеличилась на участке обследования «Ветелки» и в целом на всех участках обследования. В остальных случаях и для других видов плотности населения колебались вокруг средних пятилетних значений. При этом колебания плотности населения

каждого вида в целом на всех участках обследования были меньше, чем колебания их плотности населения отдельно на каждом участке обследования. Также колебания общей плотности населения всех видов жаворонков на каждом участке обследования были меньше, чем колебания плотности населения отдельных видов на этих участках.

На рис. 4 представлена структура населения жаворонков в гнездовой период, рассчитанная отдельно для каждого участка по сумме данных за все годы наблюдений и для всех участков вместе за те же пять лет с 2011 по 2015 г. Ключевые участки «Ахмат» и «Жданов» отличались от двух других участков («Байгужа» и «Ветелки»), тем, что сообщества жаворонков, обитающих в их пределах, были неполночленными. На ключе «Ахмат» во все годы учетов в гнездовой период не регистрировался серый жаворонок, а на ключе «Жданов» - чёрный жаворонок. На ключах «Байгужа» и «Ветелки» в каждый из последовательных пяти лет учетов с 2011 по 2015 г. регистрировались по

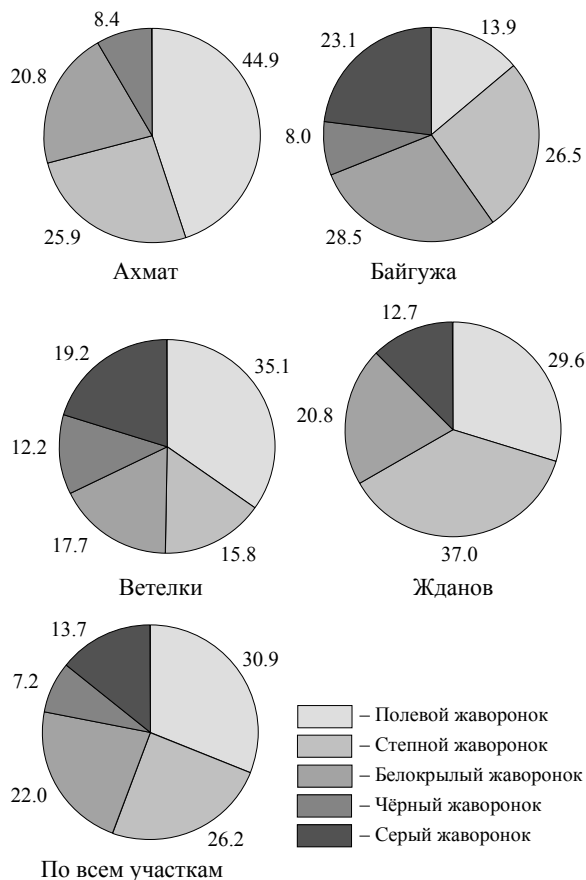


Рис. 4. Структура населения жаворонков в гнездовой период в целом за весь период наблюдения с 2011 г. по 2015 г. на ключевых участках («Ахмат», «Байгужа», «Ветелки», «Жданов») и в общем на всех четырех участках на северо-западе Прикаспийской низменности в саратовском Заволжье, %

ющие самцы пяти видов жаворонков: полевого, степного, белокрылого, чёрного и серого, однако по процентному соотношению данных видов эти два участка достоверно отличались друг от друга при уровне значимости, равном 5%.

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

Выявленные различия в структуре населения жаворонок на различных ключевых участках объясняются тем, что согласно опубликованным нами ранее результатам исследований (Опарин и др., 2014) полевой жаворонок селится в полупустыне в лиманах и палинах с луговой и степной растительностью. Основная часть гнездового населения чёрного жаворонка связана с засоленными участками лиманов и палин, степной жаворонок встречается во всех местообитаниях, где имеются хотя бы небольшие пятна степной растительности, белокрылый жаворонок предпочитает гнездиться на участках двучленных и трехчленных комплексов, находящихся под воздействием выпаса или палов, а серый жаворонок связан с чернопопынно-ромашниковыми и солянковыми ассоциациями солончаково-солонцовых комплексов.

Таким образом, анализ картографических данных, полученных на основе сочетания методов дистанционного зондирования и наземных почвенных и геоботанических исследований, позволил констатировать различия почвенно-растительного покрова всех четырех ключевых участков, заложенных в Межузенской и Узено-Дюринской равнинах, которые и определяют отличия в структуре местообитаний жаворонок на ключевых участках. Данное предположение подтверждается также и отличающимися на отдельных ключевых участках значениями NDVI, рассчитанными для каждого из них за период 2011 – 2015 гг., отражающими запасы надземной зеленой фитомассы, а, следовательно, и характеристики местообитаний наземногнездящихся жаворонок (см. рис. 1).

Нами был выполнен анализ наличия корреляционных связей между значениями NDVI, отражающих запасы зеленой (вегетирующей) фитомассы (по состоянию на первую половину июня) для ключевых участков (табл. 3).

Предполагается, что основными факторами, влияющими на запасы зеленой фитомассы, являются температура и количество осадков, которые, учитывая компактность расположения ключевых участков, должны быть примерно одинаковыми для всех. В связи с этим можно ожидать положительную корреляционную связь между динамикой NDVI на ключевых участках.

Установлена статистически значимая корреляционная связь между значениями NDVI на участках «Байгу́жа» и «Жданов», в остальных случаях коэффициенты корреляции достоверно от нуля не отличаются, возможно, из-за недостаточной продолжительности периода наблюдений, однако, скорее всего, из-за различий в структуре почвенно-растительного покрова ключевых участков (см. табл. 1).

Схожесть динамики показателей NDVI, отражающих характер вегетации растительности на указанных двух участках, подтверждается объединением их в один кластер по данному признаку (рис. 5).

Таблица 3

Корреляция значений NDVI
на различных ключевых участках

Ключевые участки	Ахмат	Байгу́жа	Ветелки	Жданов
Ахмат	1.00			
Байгу́жа	0.38	1.00		
Ветелки	0.66	0.82	1.00	
Жданов	0.08	0.94	0.66	1.00

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены показатели, говорящие о значимости корреляционной связи.

Затем нами был выполнен анализ наличия корреляционной связи между значениями NDVI по состоянию на первую половину июня года, предшествующему

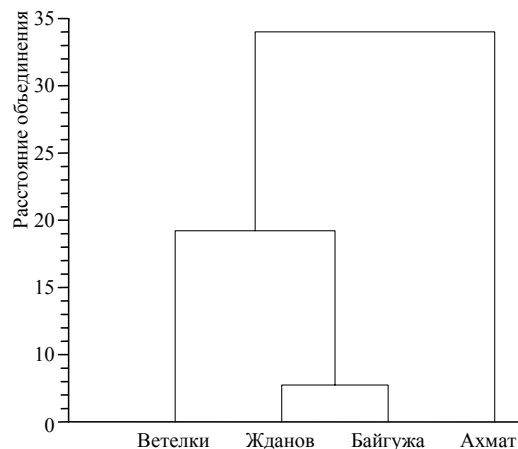


Рис. 5. Результаты кластерного анализа динамики NDVI на ключевых участках

но было пренебречь. Поэтому в дальнейшем анализе наличие корреляции выявлялось непараметрическими методами (табл. 5).

году исследования, и плотностью населения отдельных видов жаворонков в год исследования на каждом из ключевых участков (табл. 4).

Из данных, приведённых в табл. 4, следует, что выявлена отрицательная корреляционная связь между значениями NDVI в первой половине июня и плотностью населения полевого жаворонка весной следующего года на участке «Байгужа». Однако результаты обычного корреляционного анализа могут быть искажены тем, что плотность населения жаворонков не распределена по нормальному закону, а продолжительность периода наблюдения недостаточна, чтобы этим мож-

но было пренебречь. Поэтому в дальнейшем анализе наличие корреляции выявля-

Таблица 4

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

Виды	Ключевые участки				
	Ахмат	Байгужа	Ветелки	Жданов	Все участки
Полевой жаворонок	-0.02	-0.95	0.54	-0.95	0.20
Степной жаворонок	-0.62	0.21	-0.45	0.12	-0.36
Белокрылый жаворонок	0.89	0.64	-0.05	-0.57	0.35
Чёрный жаворонок	0.69	-0.20	0.94	–	0.55
Серый жаворонок	–	0.83	-0.52	0.42	-0.04
Все виды	0.94	0.58	0.59	-0.32	0.23

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены показатели, говорящие о значимости корреляционной связи.

Выявлена положительная корреляционная связь между изменением NDVI на ключевых участках в первой половине июня и общей плотностью населения всех видов жаворонка весной следующего года на участке «Ахмат». Однако этот результат следует все же признать выбросом (ошибкой), обусловленным незначительным по времени периодом наблюдений.

Учитывая разнонаправленный характер полученных результатов анализа в остальных случаях, можно сделать предположение об отсутствии влияния значений NDVI, отражающих в определенной степени величину запасов зеленой фитомассы

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

растительности, в первой половине июня предыдущего года на плотность населения жаворонков весной текущего года или об их незначительном влиянии.

Таблица 5

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена плотности населения различных видов жаворонков и значений NDVI на ключевых участках

Виды	Ключевые участки				
	Ахмат	Байгужа	Ветелки	Жданов	Все участки
Полевой жаворонок	0.40	-0.80	0.40	-0.80	0.20
Степной жаворонок	-0.63	0.40	-0.80	0.60	0.00
Белокрылый жаворонок	0.63	0.60	-0.40	-0.40	0.60
Чёрный жаворонок	0.40	0.40	0.95	–	0.80
Серый жаворонок	–	0.80	-0.40	0.20	0.00
Все виды	1.00	0.40	0.40	-0.40	0.40

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

Дальнейший корреляционный анализ проводился непараметрическими методами (табл. 6, 7).

Таблица 6

Анализ наличия корреляционной связи между изменениями плотности населения каждого из видов жаворонков, зарегистрированных на ключевых участках с помощью расчета коэффициентов ранговой корреляции Спирмена

Ключевые участки	Ахмат	Байгужа	Ветелки	Жданов
1	2	3	4	5
Полевой жаворонок				
Ахмат	1.00			
Байгужа	-0.70	1.00		
Ветелки	0.30	0.00	1.00	
Жданов	-0.30	0.80	-0.20	1.00
Степной жаворонок				
Ахмат	1.00			
Байгужа	0.56	1.00		
Ветелки	0.62	0.30	1.00	
Жданов	0.15	0.80	0.30	1.00
Белокрылый жаворонок				
Ахмат	1.00			
Байгужа	0.36	1.00		
Ветелки	0.87	0.40	1.00	
Жданов	0.82	0.10	0.80	1.00
Чёрный жаворонок				
Ахмат	1.00			
Байгужа	0.41	1.00		
Ветелки	-0.13	0.15	1.00	
Жданов	–	–	–	–

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5
Серый жаворонок				
Ахмат	–			
Байгужа	–	1.00		
Ветелки	–	0.05	1.00	
Жданов	–	0.60	-0.56	1.00
Все виды				
Ахмат	1.00			
Байгужа	-0.10	1.00		
Ветелки	-0.70	0.40	1.00	
Жданов	-0.30	0.60	0.00	1.00

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены показатели, говорящие о значимости корреляционной связи.

В результате анализа, как для каждого вида жаворонок в отдельности, так и для всех видов вместе, не было выявлено статистически значимой корреляционной связи между изменениями плотности их населения на различных участках обследования (см. табл. 6).

Таблица 7

Анализ наличия корреляционной связи между изменениями плотности населения различных видов жаворонок на каждом из ключевых участков с помощью расчета коэффициентов ранговой корреляции Спирмена

Виды	Полевой	Степной	Белокрылый	Чёрный	Серый
1	2	3	4	5	6
Ахмат					
Полевой жаворонок	1.00				
Степной жаворонок	-0.62	1.00			
Белокрылый жаворонок	-0.10	0.53	1.00		
Чёрный жаворонок	-0.36	0.29	0.79	1.00	
Серый жаворонок	–	–	–	–	–
Байгужа					
Полевой жаворонок	1.00				
Степной жаворонок	0.10	1.00			
Белокрылый жаворонок	-0.70	-0.40	1.00		
Чёрный жаворонок	0.20	0.40	0.30	1.00	
Серый жаворонок	-0.60	0.70	0.10	0.10	1.00
Ветелки					
Полевой жаворонок	1.00				
Степной жаворонок	-0.10	1.00			
Белокрылый жаворонок	-0.90	0.00	1.00		
Чёрный жаворонок	0.15	-0.98	-0.05	1.00	
Серый жаворонок	-0.36	0.67	0.36	-0.53	1.00

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6
Жданов					
Полевой жаворонок	1.00				
Степной жаворонок	0.00	1.00			
Белокрылый жаворонок	0.10	-0.30	1.00		
Чёрный жаворонок	–	–	–	–	
Серый жаворонок	-0.30	-0.10	0.10	–	1.00
Все участки					
Полевой жаворонок	1.00				
Степной жаворонок	-0.10	1.00			
Белокрылый жаворонок	-0.50	-0.60	1.00		
Чёрный жаворонок	-0.20	-0.40	0.80	1.00	
Серый жаворонок	-0.30	0.90	-0.30	-0.30	1.00

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

В результате проведенного анализа (см. табл. 7) выявлена статистически значимая отрицательная корреляционная связь между изменениями плотности населения полевого и белокрылого жаворонок, а также между изменениями плотности населения степного и чёрного жаворонок на ключевом участке «Ветелки». Кроме того, выявлена положительная корреляционная связь между изменениями плотности населения степного и серого жаворонок в целом на всех участках обследования.

Таким образом, нам не удалось доказать наличие достоверных связей между значениями NDVI, плотностью и структурой населения жаворонок. Однако это, скорее всего, можно объяснить малой выборкой из-за короткого, всего в пять лет, периода наблюдений.

Кроме этого был выполнен анализ наличия корреляционной связи между динамикой NDVI по состоянию на первую половину июня и плотностью гнездового населения отдельных видов жаворонок, зарегистрированных на ключевых участках в тот же год (табл. 8).

Таблица 8

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена показателей плотности гнездового населения жаворонок и значений NDVI на ключевых участках в 2011 – 2015 гг.

Виды	Ключевые участки				
	Ахмат	Байгуза	Ветелки	Жданов	Все участки
Полевой жаворонок	0.10	-0.36	-0.60	0.00	0.10
Степной жаворонок	0.67	-0.67	0.00	-0.50	-0.30
Белокрылый жаворонок	0.36	0.05	0.50	-0.60	0.10
Чёрный жаворонок	-0.05	-0.87	-0.21	–	-0.40
Серый жаворонок	–	-0.15	-0.36	0.30	0.00
Все виды	0.10	-0.67	-0.90	-0.70	-0.60

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

При помощи программы Statistica 6.0. выявлена отрицательная корреляционная связь между изменением значений NDVI и общей плотностью населения всех видов жаворонков на участке «Ветелки». Однако при небольших выборках статистические свойства коэффициента Спирмена не очень хороши и для оценки значимости корреляции рекомендуется пользоваться специальными таблицами (Ивантер, Коросов, 2010). Полученный нами коэффициент $r = 0.90$ меньше табличного значения $r = 0.94$ при $n = 5$, $p \geq 0.05$, что говорит об отсутствии статистически значимой связи между изучаемыми признаками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов (см. табл. 1, 2; рис. 3 – 5) позволяет предполагать наличие связи между структурой местообитаний и структурой населения жаворонков, гнездящихся на исследованных ключевых участках. Это доказывают выявленные статистически значимые отличия между плотностью гнездового населения жаворонков, обитающих на отдельных ключевых участках, сохранившиеся на протяжении пяти лет наблюдений. Подобранные ключевые участки отличаются между собой структурой почвенно-растительного покрова и, следовательно, структурой местообитаний исследуемой таксономической группы птиц. По мнению авторов, отмеченные статистически значимые отличия в плотности гнездового населения жаворонков, обитающих на исследованных ключевых участках, объясняются спецификой структуры местообитаний каждого из них.

Применение значений NDVI для оценки состояния местообитаний жаворонков с целью объяснений колебаний их плотности по годам требует дальнейшего изучения, так как для корреляционного анализа необходим более длинный ряд наблюдений, чем тот, который авторы имеют на настоящее время.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-05-00401 а) и Российского научного фонда (проект № 15-16-30007) (обработка данных дистанционного зондирования (для составления крупномасштабных почвенных карт и анализа динамики NDVI)).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бибби К., Джонс М., Марсден С. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / Союз охраны птиц России. М., 2000. 186 с.
- Гублер Е. В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. М. : Медицина, 1978. 294 с.
- Доскач А. Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М. : Наука, 1979. 142 с.
- Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия : учеб. пособие. 2-е издание. Петрозаводск : Изд-во Петрозавод. гос. ун-та, 2010. 104 с.
- Мардиа К., Земрох П. Таблицы F-распределений и распределений, связанных с ними. М. : Наука, 1984. 256 с.
- 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.

ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ГНЕЗДОВОГО НАСЕЛЕНИЯ ЖАВОРОНКОВ

Опарин М. Л., Конюшкова М. В., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Шадрин М. Б., Рубан О. А. Структура гнездового населения жаворонок (*Alaudidae, Aves*) в типичных местообитаниях полупустыни Прикаспийской низменности // Поволж. экол. журн. 2014. № 3. С. 379 – 392.

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. М. : Изд-во МГУ, 2006. С. 230 – 232.

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

Почвенная карта Прикаспийской низменности и южного Заволжья в пределах междуречья Волги и Урала. М 1:200 000 / под ред. Е. Н. Ивановой, И. П. Герасимова. М., 1951. 57 л.

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.

Равкин Ю. С., Гуреев С. П., Покровская И. В. Пространственно-временная динамика животного населения (птицы и мелкие млекопитающие). Новосибирск : Наука. Сиб. отделение, 1985. 206 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.

Челинцев Н. Г. Математические основы учета животных / ГУ Центрохотконтроль. М., 2000. 432 с.

Челинцев Н. Г. Методы расчета плотности населения птиц по данным маршрутных учетов // Сиб. экол. журн. 2001. № 1. С. 25 – 29.

Box E. O., Holben B. N., Kalb V. Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO₂ 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. Amer. Statist. Ass. 1952. Vol. 47. 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.