

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ¹

Аннотация.

Актуальность и цели. Имея уникальное природное расположение, Ульяновская область относится к лесостепной физико-географической зоне. Разнообразие ландшафтов и широкий спектр стаций в этом регионе создают предпосылки к возникновению большого разнообразия сообществ мелких млекопитающих и неравноценному развитию одновидовых популяций. Изучению населения мелких млекопитающих из отрядов насекомоядные и грызунов Ульяновской области посвящено достаточное количество работ, однако в большинстве из них рассматриваются вопросы, касающиеся только биотопической приуроченности и многолетней динамики численности фоновых видов. Целью исследований являлось изучение видового состава, особенностей распределения и видовой структуры сообществ микромаммалий в различных стациях и сопутствующих биотопов на территории Ульяновской области.

Материалы и методы. Материалом для статьи послужили результаты собственных исследований, которые проводились в полевой сезон 2014–2015 гг. Обследованиями были охвачены 13 районов Ульяновской области и г. Ульяновск. Отлов грызунов проводился с помощью ловушек Геро по стандартной методике. За исследуемый период было отработано 2900 ловушек/сут, отловлено 677 экземпляров мелких млекопитающих.

Результаты. За исследуемый период в отловах было зарегистрировано 8 видов насекомоядных млекопитающих и грызунов. Из 667 добытых экземпляров 481 был отобран для дальнейшего генетического анализа.

Выводы. Исследования показали, что наибольшее видовое разнообразие отмечается в стации «смешанный лес» (7 из 8 регистрируемых), наименьшее – на пойменных участках (по 2 вида в каждой стации). Видовой состав представлен 8 видами насекомоядных и мышевидных грызунов. В целом в отловах преобладает рыжая полевка (35 %), субдоминантой выступает лесная мышь (25 %), которая регистрируется во всех анализируемых стациях.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, грызуны, насекомоядные, структура сообществ, Ульяновская область.

A. N. Chajsarova, A. Yu. Bolotin, S. V. Titov

THE SPECIES STRUCTURE OF SMALL MAMMAL COMMUNITIES OF ULYANOVSK REGION

Abstract.

Background. Having a unique natural arrangement, Ulyanovsk region falls into the forest-steppe physiographic zone. A variety of landscapes and a wide range of habitats in this region create conditions for emergence of a big variety of communities of small mammals and unequal development of homotypical populations.

¹ Исследования проведены при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» на 2017–2019 годы (проект № 6.7174.2017/8.9).

There has been quite a number of works devoted to the population of small mammals relating to insectivorous and rodent orders, however most of them cover questions concerning only biotopical confinedness and long-term population changes of background species. The research purpose is to study the species composition, features of distribution and species structure of micro mammal communities in various habitats and the accompanying biotopes in the territory of Ulyanovsk region.

Materials and methods. The results of studies carried out during the field season of 2014–2015 were taken as the research material. 13 areas of Ulyanovsk region and Ulyanovsk city were zones of the studies. Rodents were caught by means of Gero's traps by the standard technique. For the studied period 2900 traps/days were fulfilled, 677 specimens of small mammals were caught.

Results. 8 species of insectivorous mammals and rodents were registered in the studied period of catching. 481 of insectivorous mammals and rodents were selected for a further genetic analysis (in total 667 insectivorous mammals and rodents were caught).

Conclusions. The research shows that the greatest species variety is located in the "mixed wood" habitat (7 of 8 were recorded), the least – in flood plains (2 species per each habitat). The species structure is presented by 8 species of insectivorous and mouse-like rodents. In general, the captures were prevailed by the red vole (35 %); the forest mouse (25 %) was subdominant being registered in all analyzed habitats.

Key words: small mammals, rodents, insectivorous, structure of communities, Ulyanovsk region.

Имея уникальное природное расположение и располагаясь на стыке степи, лесостепи и леса, территория Ульяновской области относится к лесостепной физико-географической зоне. Вся правобережная часть области входит в Приволжскую, а левобережная – в Кинельско-Камскую физико-географическую провинцию. Граница между ними проходит по правому берегу Волги [1]. Разнообразие ландшафтов и широкий спектр стаций в этом регионе создают предпосылки к возникновению большого разнообразия сообществ мелких млекопитающих и неравноценному развитию одновидовых популяций. Изучению населения мелких млекопитающих из отрядов насекомоядные и грызунов Ульяновской области посвящено достаточное количество работ [2–6], однако в большинстве из них рассматриваются вопросы, касающиеся только биотопической приуроченности и многолетней динамики численности фоновых видов. Данная работа расширяет уже имеющиеся сведения по населению мышевидных грызунов лесостепных ландшафтов Ульяновской области, а также содержит анализ видового состава сообществ этой группы млекопитающих.

Целью исследований являлось изучение видового состава, особенностей распределения и видовой структуры сообществ микромаммалий в различных стациях и сопутствующих биотопах на территории Ульяновской области.

Материалы и методы

Материалом для статьи послужили результаты собственных исследований, которые проводили в полевой сезон 2014–2015 гг. Обследованиями были охвачены 13 районов Ульяновской области и территория г. Ульяновска (рис. 1, табл. 1). Отлов грызунов проводили с помощью ловушек Геро по стандартной методике [7]. За исследуемый период было отработано 2900 ловушек/сут и отловлено 677 экземпляров мелких млекопитающих.

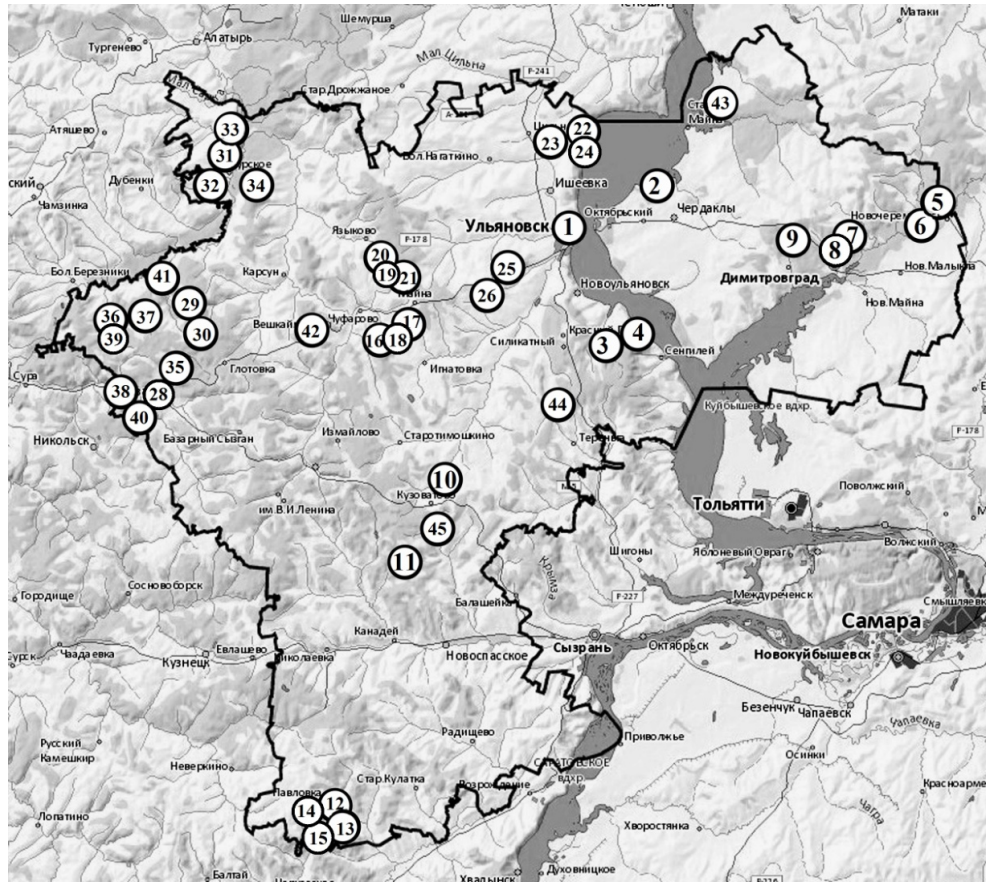


Рис. 1. Изученные сообщества мелких млекопитающих в Ульяновской области. Номера точек соответствуют номерам локалитетов в табл. 1

Таблица 1

Точки отлова мелких млекопитающих в Ульяновской области в период 2014–2015 гг.

Номер точки	Адрес	Координаты	Виды							
			<i>Myodes glareolus</i>	<i>Microtus arvalis</i>	<i>Sylvaeus uralensis</i>	<i>Apoedemus agrarius</i>	<i>Sylvaeus flavicollis</i>	<i>Mus musculus</i>	<i>Micromys minutus</i>	<i>Sorex</i> sp.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	г. Ульяновск, парк «Черное озеро»	54°17'51,1"N 48°20'39,4"E	-	-	+	+	-	-	-	-
2.	Чердаклинский район, СОК «Чайка»	54°26'46,9"N 48°42'21,9"E	+	+	+	+	+	-	-	+
3.	Сенгилеевский район, с. Шиловка, 4 км	54°00'43,7"N 48°35'20,8"E	+	+	+	+	+	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.	Сенгилеевский район, с. Шиловка	54°02'52,5"N 48°37'44,5"E	-	-	+	+	-	-	-	-
5.	Новомалыклинский район, с. Новочерем- шанск, ДОЛ «Хоббит»	54°22'4"N 50°8'2"E	-	-	+	+	+	-	-	-
6.	Новомалыклинский район, с. Новочерем- шанск, 10 км	54°17'14"N 50°8'32"E	-	-	+	+	-	+	-	-
7.	Мелекесский район, ДОЛ «Факел»	54°15'27,3"N 49°44'01,2"E	+	+	-	+	-	-	-	-
8.	Мелекесский район, с. Курлан, 0,5 км	54°15'57,6"N 49°42'43,5"E	+	-	+	+	+	-	-	+
9.	Мелекесский район, с. Мулловка	54°11'11,9"N 49°23'29,6"E	+	-	+	+	-	-	-	-
10.	Кузоватовский район, р.п. Кузоватово, 7 км	53°33'36,6"N 47°45'00,5"E	+	-	+	+	-	-	-	+
11.	Кузоватовский район, с. Красная Балтия, 8 км	53°22'43,5"N 47°34'44,2"E	+	-	+	-	+	-	-	+
12.	Павловский район, с. Кадышевка, 0,5 км	52°39'56,3"N 47°14'34,2"E	-	-	+	-	-	-	-	-
13.	Павловский район, с. Шаховское, 0,5 км	52°36'48,9"N 47°13'46,6"E	+	-	+	-	-	-	-	-
14.	Павловский район, с. Шаховское, пруд	52°37'11,3"N 47°14'31,4"E	-	-	+	+	-	-	-	+
15.	Павловский район, с. Шаховское, 5 км	52°38'32,9"N 47°18'10,0"E	+	+	+	-	-	-	-	+
16.	Майнский район, с. К. Репьевка, пруд	54°3'5"N 47°27'24"E	-	-	+	-	-	-	-	+
17.	Майнский район, р.п. Майна, 5 км	54°4'26"N 47°32'60"E	+	-	+	-	-	-	-	+
18.	Майнский район, с. К. Репьевка, 5 км, лесополоса	54°4'19"N 47°32'39"E	-	+	+	-	-	-	+	+
19.	Майнский район, с. Жеребятниково, 3 км	54°8'57"N 47°33'16"E	-	+	-	-	-	-	-	+
20.	Майнский район, с. Жеребятниково, 1 км	54°9'17"N 47°32'5"E	-	+	+	-	-	-	-	+
21.	Майнский район, р.п. Майна, 7 км в сторону с. Жеребятниково	54°8'28"N 47°34'34"E	+	-	-	-	-	-	-	+
22.	Ульяновский район, санаторий «Серебряный источник»	54°35'18"N 48°24'53"E	+	-	+	+	+	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23.	Ульяновский район, с. Дворики, 0,5 км	54°34'3"N 48°19'39"E	+	-	+	+	-	-	-	+
24.	Ульяновский район, ДОЛ «Волжанка»	54°35'52"N 48°25'34"E	-	+	+	-	-	-	-	-
25.	Ульяновский район, ДОЛ Матросова	54°12'31"N 48°3'56"E	+	-	-	+	+	-	-	-
26.	Ульяновский район, с/х «Зеленая роща»	54°9'34"N 48°1'21"E	-	-	+	+	-	-	-	-
27.	Инзенский район, с. Чамзинка, 0,5 км, свалка	54°4'9"N 46°26'40"E	-	+	+	-	-	-	-	+
28.	Инзенский район, г. Инза, лес у фабрики	53°50'46"N 46°19'0"E	+	-	-	-	-	-	-	+
29.	Инзенский район, с. Проломиха	54°6'15"N 46°25'22"E	-	+	+	-	-	-	-	+
30.	Инзенский район, с. Коноплянка, 4 км	54°1'54"N 46°26'19"E	+	-	+	+	-	-	-	-
31.	Сурский район, с. Полянки, 1,5 км	54°33'45"N 46°46'42"E	+	-	+	+	+	-	-	-
32.	Сурский район, с. Болтаевка, 4 км	54°26'21"N 46°46'16"E	+	-	+	-	-	-	-	-
33.	Сурский район, с. Барышская Слобода	54°34'42"N 46°46'34"E	+	-	+	-	-	-	-	+
34.	Сурский район, с. Белый ключ	54°25'44"N 46°50'6"E	+	-	+	+	-	-	-	-
35.	Инзенский район, с. Юлово, 5 км	53°59'10"N 46°26'15"E	+	-	+	-	-	-	-	-
36.	Инзенский район, с. Валгусы	54°3'37"N 46°11'20"E	-	-	+	-	-	-	-	-
37.	Инзенский район, с. Палатово	54°3'36"N 46°16'11"E	-	-	+	-	-	-	-	-
38.	Инзенский район, п. Свет, 0,5 км	53°51'46"N 46°13'36"E	-	-	+	-	-	-	-	-
39.	Инзенский район, с. Валгусы	54°3'23"N 46°11'22"E	-	+	-	-	-	-	-	-
40.	Инзенский район, с. Оськино, лесополоса	53°49'17"N 46°17'16"E	-	-	+	-	-	-	-	-
41.	Инзенский район, с. Коржевка, лесополоса	54°10'43"N 46°21'35"E	-	-	+	-	-	-	-	-
42.	Вешкаймский район, р.п. Вешкайма	54°1'59"N 47°6'43"E	-	-	+	-	-	-	-	-
43.	Старомайнский район, биостанция УлГПУ, лес	54°38'11"N 49°0'58"E	+	+	+	-	+	-	-	-

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
44.	Тереньгульский район, с. Федькино, 0,5 км	53°46'36"N 48°20'58"E	-	+	+	-	-	-	-	-
45.	Кузоватовский район, с. Кивать	53°28'14"N 47°41'7"E	-	-	-	-	-	-	-	-

Результаты и обсуждение

За исследуемый период в отловах было зарегистрировано восемь видов насекомоядных млекопитающих и грызунов. Семейство Хомяковые (*Cricetidae* Fischer, 1817) было представлено двумя видами: рыжей (*Myodes (Clethrionomys) glareolus* Schreber, 1780) и обыкновенной (*Microtus arvalis* Pallas, 1778) полевками. Семейство Мышиные (*Muridae* Gray, 1821) было представлено пятью видами: лесной (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811), желтогорлой (*Sylvaemus flavicollis* Melchior, 1834), полевой (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771), домовый (*Mus musculus* Linnaeus, 1758) мышами и мышью-малюткой (*Micromys minutus*, Pallas, 1771). Семейство Землеройковые (*Soricidae* Fischer, 1817) – различными видами землероек (*Sorex* sp.). Все животные были определены до вида, исключение составили обыкновенная (*Microtus arvalis*) и восточноевропейская (*M. rossiaemeridionalis*) полевки, которых рассматривали как обыкновенную полевку в широком смысле – *M. arvalis* s.l., а также землеройки. Из 667 добытых экземпляров 481 был отобран для дальнейшего генетического анализа.

В целом во всех произведенных отловах в сообществах мелких млекопитающих преобладала рыжая полевка (*Myodes glareolus*) (ИД – 35 %, численность – 8,2 %), субдоминантой являлась лесная мышь (*Sylvaemus uralensis*) (ИД – 25 %, доля в отловах – 5,8 %). Для более детального изучения видовой структуры сообществ микромаммалий был проведен анализ по станциям. В лесных биотопах были выделены следующие станции: смешанный лес, лесополосы и кустарниковые станции; в открытых биотопах – рудерал, рудерал на сельскохозяйственных землях, рудерал на луговине, рудерал в редколесье; на пойменных участках: станции в Свяжской и станции в Сурской поймах (табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав мелких млекопитающих
в различных станциях Ульяновской области

Стация	<i>Myodes glareolus</i>	<i>Microtus arvalis</i>	<i>Sylvaemus uralensis</i>	<i>Apodemus agrarius</i>	<i>Sylvaemus flavicollis</i>	<i>Mus musculus</i>	<i>Micromys minutus</i>	<i>Sorex</i> sp.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Смешанный лес	+	+	+	+	+	+	-	+
Лесополоса	+	+	+	-	-	-	+	+
Кустарник	-		+	+	+	+	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рудерал	+	+	+	+	+	-	-	+
Рудерал, с/х	-	+	+	+	-	-	-	+
Рудерал, редколесье	+	+	+	+	-	-	-	+
Рудерал, луговина	-	+	+	+	-	+	-	+
Сурская пойма	-	-	+	+	-	-	-	-
Свияжская пойма	+	-	+	-	-	-	-	-

Наибольшее видовое разнообразие отмечается в станции «смешанный лес» – семь видов мелких млекопитающих (рис. 2). Доминирующее положение (ИД – 53 %) занимают рыжая полевка и лесная мышь (ИД – 18 %). Единично встречаются обыкновенная полевка и домовая мышь.

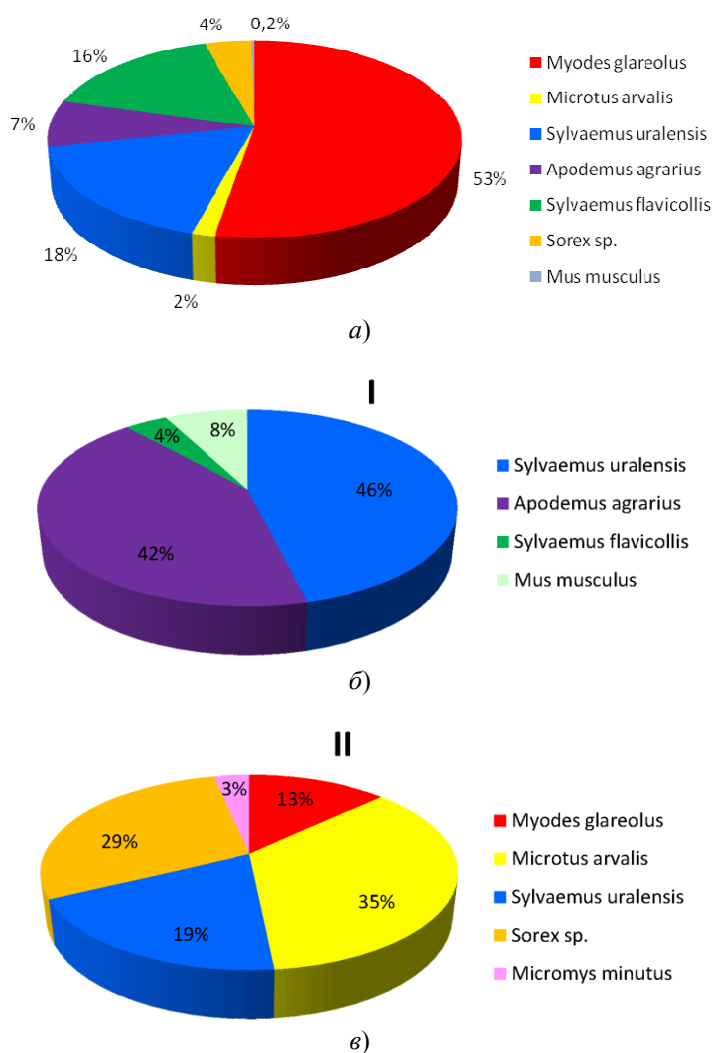


Рис. 2. Видовой состав и индексы доминирования мелких млекопитающих в станциях: а – «смешанный лес»; б – «кустарниковые станции»; в – «лесополосы»

В отловах в «кустарниковой» станции были отмечены четыре вида мелких млекопитающих. Доминировали лесная (ИД – 46 %) и полевая (ИД – 42 %) мыши. В отличие от этого в отловах в станции «лесополосы» доминирующим видом оказалась обыкновенная полевка (ИД – 35 %), а субдоминантным по встречаемости – землеройка (ИД – 29 %).

В открытых биотопах наибольшее видовое разнообразие отмечается в станции «рудерал». Было выявлено обитание шести видов мелких млекопитающих. Лесная мышь занимает доминирующее положение в станциях «рудерал» и «рудерал, с/х». В отловах станций «рудерал, луговина» и «рудерал, редколесье» доминирует землеройка. Рыжая полевка встречается единично и только в отловах в станции «рудерал» и «рудерал, редколесье». Структура сообществ по станциям открытых биотопов отображена на рис. 3. В целом все выделенные в связи с характером местообитания сообщества мышевидных грызунов хорошо дифференцированы друг от друга ($\chi^2 = 18,16 \div 174,05$ при $p < 0,0001$).

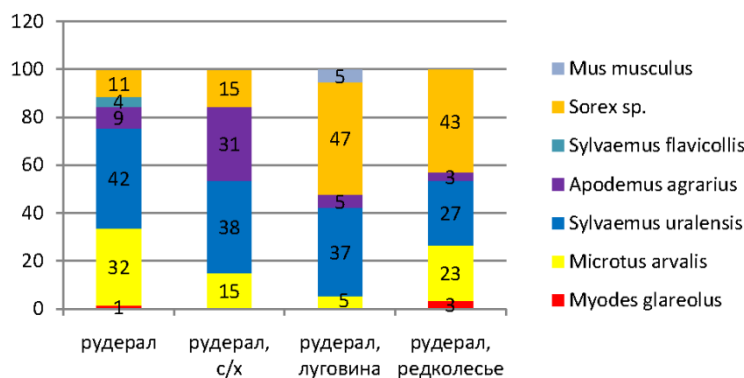


Рис. 3. Структура сообществ станций открытых биотопов

В станции с наибольшей антропогенной нагрузкой (маргинальные биотопы) видовой состав представлен четырьмя видами мелких млекопитающих. Доминирующими видами являются лесная мышь и землеройка (ИД – 33 и 41 % соответственно), доля в отловах рыжей полевки составила лишь 8 %.

В станциях околородных биотопов отмечается сравнительно небольшое видовое разнообразие. Так, в станции «Сурская пойма» видовой состав представлен рыжей полевкой (ИД – 60 %) и лесной мышью (ИД – 40 %). В станции «Свияжская пойма» доминирующее положение занимает лесная мышь (ИД – 80 %), субдоминантой является полевая мышь (ИД – 20 %).

Проведенные исследования показали, что наибольшее видовое разнообразие отмечается в станции «смешанный лес» (семь из восьми регистрируемых видов в отловах), а наименьшее – на пойменных участках (по два вида в каждой станции). Видовой состав представлен восемью видами насекомоядных и мышевидных грызунов. В целом в отловах преобладает рыжая полевка (*Myodes glareolus*) (ИД – 35 %, численность составила 8,2 %). Содоминантой ей выступает лесная мышь (*Sylvaemus uralensis*) (ИД – 25 %, доля в отловах 5,8 %), которая регистрируется во всех анализируемых станциях.

Библиографический список

1. **Кальянов, К. С.** География Ульяновской области : учеб. пособие для средних школ Ульяновской области / К. С. Кальянов, Г. З. Веснина, В. И. Лебедев. – Саратов : Приволжское книжное изд-во, 1974. – 125 с.
2. **Шемятихина, Г. Б.** Некоторые экологические особенности популяции желтогорлой мыши (*Apodemus flavicollis*, *Myridae*, *Rodentia*) на территории Ульяновской области / Г. Б. Шемятихина, А. С. Коробейникова, А. А. Нафеев // Вестник Мордовского государственного университета. – 2010. – № 1. – С. 188–193.
3. **Шемятихина, Г. Б.** Данные по распространению некоторых видов мышевидных грызунов на территории Ульяновской области / Г. Б. Шемятихина, А. С. Коробейникова // Природа Симбирского Поволжья : сб. науч. тр. – Ульяновск, 2009. – С. 238–244.
4. **Шемятихина, Г. Б.** Видовой состав и биотопическая приуроченность мелких млекопитающих из отрядов насекомоядные и грызуны на территории Ульяновской области / Г. Б. Шемятихина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 5. – С. 120–123.
5. **Шемятихина, Г. Б.** Мышевидные грызуны на территории Ульяновской области (динамика численности, соотношение видов в сообществе, роль в передаче природно-очаговых инфекций) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Шемятихина Г. Б. – Ульяновск, 2012. – 21 с.
6. **Адамович, М. К.** Видовой состав и численность мелких грызунов на территории Ульяновской области / М. К. Адамович, М. В. Корепов, Е. А. Артемьева, П. В. Миронов // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2016. – № 1 (17). – URL: <http://www.vestospu.ru>
7. **Карасева, Е. В.** Методы изучения грызунов в полевых условиях / Е. В. Карасева, А. Ю. Телицына. – М. : Наука, 1996. – 227 с.
8. Динамика ареалов и современное состояние поселений наземных белых в прибрежных районах Поволжья / С. В. Титов, А. А. Кузьмин, Р. В. Наумов, О. А. Ермаков, С. С. Закс, О. В. Чернышова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – 124 с.

References

1. Kal'yanov K. S., Vesnina G. Z., Lebedev V. I. *Geografiya Ul'yanovskoy oblasti: ucheb. posobie dlya srednikh shkol Ul'yanovskoy oblasti* [Geography of Ulyanovsk region: learner's guide for secondary school of Ulyanovsk region]. Saratov: Privolzhskoe knizhnoe izd-vo, 1974, 125 p.
2. Shemyatikhina G. B., Korobeynikova A. S., Nafeev A. A. *Vestnik Mordovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Mordovia State University]. 2010, no. 1, pp. 188–193.
3. Shemyatikhina G. B., Korobeynikova A. S. *Priroda Simbirskogo Povolzh'ya: sb. nauch. tr.* [Nature of Simbirsk Volga region: collected papers]. Ulyanovsk, 2009, pp. 238–244.
4. Shemyatikhina G. B. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University]. 2010, no. 5, pp. 120–123.
5. Shemyatikhina G. B. *Myshevidnye gryzuny na territorii Ul'yanovskoy oblasti (dinamika chislennosti, sootnoshenie vidov v soobshchestve, rol' v peredache prirodno-ochagovykh infektsiy): avtoref. dis. kand. biol. nauk* [MURINE RODENTS IN THE TERRITORY OF ULYANOVSK REGION (POPULATION CHANGES, SPECIES CORRELATION IN COMMUNITIES, ROLE IN TRANSMISSION OF FERAL NIDAL INFECTIONS): AUTHOR'S ABSTRACT OF DISSERTATION TO APPLY FOR THE DEGREE OF THE CANDIDATE OF BIOLOGICAL SCIENCES]. Ulyanovsk, 2012, 21 p.
6. Adamovich M. K., Korepov M. V., Artem'eva E. A., Mironov P. V. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronnyy nauchnyy zhurnal* [Bulletin of Orenburg State Pedagogical University. Online scientific journal]. 2016, no. 1 (17). Available at: <http://www.vestospu.ru>

7. Karaseva E. V., Telitsyna A. Yu. *Metody izucheniya gryzunov v polevykh usloviyakh* [Rodent study techniques in field conditions]. Moscow: Nauka, 1996, 227 p.
8. Titov S. V., Kuz'min A. A., Naumov R. V., Ermakov O. A., Zaks S. S., Chernyshova O. V. *Dinamika arealov i sovremennoe sostoyaniye poseleniy nazemnykh belich'ikh v pravoberezhnykh rayonakh Povolzh'ya* [Habitat dynamics and modern condition of ground squirrel colonies in right Volga river bank regions]. Penza: Izd-vo PGU, 2015, 124 p.

Хайсарова Анна Николаевна

аспирант, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: an_stolyarova@mail.ru

Khaysarova Anna Nikolaevna

Postgraduate student, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Болотин Александр Юрьевич

аспирант, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: sum_rock@mail.ru

Bolotin Alexander Yur'evich

Postgraduate student, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Титов Сергей Витальевич

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и экологии, декан факультета физико-математических и естественных наук, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: svtitov@yandex.ru

Titov Sergey Vital'evich

Doctor of biological sciences, professor, head of sub-department of zoology and ecology, dean of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 599.323:574.472+470.42

Хайсарова, А. Н.

Видовая структура сообществ мелких млекопитающих Ульяновской области / А. Н. Хайсарова, А. Ю. Болотин, С. В. Титов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2017. – № 3 (19). – С. 30–39. DOI: 10.21685/2307-9150-2017-3-3