

Оригинальная статья

УДК 616.98:579.842.23:599.32

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2025-1-48-63>

**СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ
МАЛОГО СУСЛИКА – *SPERMOPHILUS PYGMAEUS* PALLAS, 1779
(RODENTIA, SCIUROMORPHA, SCIURIDAE)
В ВОЛГО-УРАЛЬСКОМ СТЕПНОМ ПРИРОДНОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ**

**Ш. В. Магеррамов¹✉, А. Н. Матросов¹, Т. А. Бочарникова²,
А. К. Гражданов¹, К. С. Марцоха¹, А. А. Кузнецов¹,
А. А. Слудский¹, Н. В. Попов¹**

¹ *Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»
Роспотребнадзора*

Россия, 410005, г. Саратов, ул. Университетская, д. 46

² *Астраханская противочумная станция Роспотребнадзора*

Россия, 414000, г. Астрахань, ул. Кубанская, д. 3

Поступила в редакцию 13.03.2024 г., после доработки 24.05.2024 г., принята 28.05.2024 г., опубликована 31.03.2025 г.

Аннотация. Представлены результаты изучения популяции малого суслика (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1779) на территории Волго-Уральского междуречья в 1940 – 2023 гг. Рассматривается влияние глобального потепления климата на динамику численности этого вида в Волго-Уральском степном природном очаге чумы. Статистически обработаны и проанализированы данные ежегодного учета численности малого суслика (число особей на 1 га); показатели интенсивности размножения; среднемесячные показатели температуры воздуха по метеостанциям г. Харабали за период 1940 – 2023 гг. Подчеркивается, что динамика численности вида определяется целым комплексом природных и антропогенных факторов. Вместе с тем, в условиях полупустыни для малого суслика лимитирующим является распределение температуры воздуха и осадков по сезонам и годам. Проанализировано воздействие температур в январе – феврале, провоцирующих выход на поверхность при пробуждении малого суслика от зимней спячки. Выявлен основной механизм, определяющий негативное влияние современного потепления климата на популяции малого суслика в регионе Северного Прикаспия.

Ключевые слова: малый суслик, показатели плотности, температуры января и февраля, потепление климата, Волго-Уральский степной природный очаг чумы

✉ *Для корреспонденции.* Лаборатория эпизоотологического мониторинга и сектор информационных технологий в эпидемиологии Российского научно-исследовательского противочумного института «Микроб» Роспотребнадзора.

ORCID и e-mail адреса: Магеррамов Шамиль Валехович: <https://orcid.org/0000-0002-2578-1558>, magerramov.1994@list.ru; Матросов Александр Николаевич: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>, anmatrosov@mail.ru; Бочарникова Татьяна Александровна: harabalpcho@yandex.ru; Гражданов Александр Константинович: <https://orcid.org/0000-0002-0022-9521>, rusgari@microbe.ru; Марцоха Кирилл Сергеевич: <https://orcid.org/0000-0003-2913-3766>, box4hawx@mail.ru; Кузнецов Александр Александрович: <https://orcid.org/0000-0002-0677-4846>, sansanych-50@mail.ru; Слудский Александр Аркадьевич: <https://orcid.org/0000-0003-4705-6151>, rusgari@microbe.ru; Попов Николай Владимирович: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>, popovnv47@mail.ru.

© Магеррамов Ш. В., Матросов А. Н., Бочарникова Т. А., Гражданов А. К., Марцоха К. С., Кузнецов А. А., Слудский А. А., Попов Н. В., 2025

СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ МАЛОГО СУСЛИКА

Соблюдение этических норм. Протоколы с использованием животных были одобрены Комиссией по биоэтике Российского научно-исследовательского противочумного института «Микроб» Роспотребнадзора (протокол № 4 от 11.03.2022 г.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Маггеррамов Ш. В., Матросов А. Н., Бочарникова Т. А., Гражданов А. К., Марцоха К. С., Кузнецов А. А., Слудский А. А., Понов Н. В. Снижение численности популяции малого суслика – *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1779 (Rodentia, Sciuromorpha, Sciuridae) в Волго-Уральском степном природном очаге чумы // Поволжский экологический журнал. 2025. № 1. С. 48 – 63. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2025-1-48-63>

ВВЕДЕНИЕ

Изучение динамики численности животных является одним из основных разделов системы экологического мониторинга биогеоценозов. Уровень численности обусловлен адаптацией популяций к меняющимся условиям среды обитания под воздействием природных и антропогенных факторов (McComb et al., 2010). В условиях полупустынных и пустынных экосистем животные наиболее уязвимы и зависимы от целого комплекса факторов, многие из которых могут быть лимитирующими при оценке их воздействия на рождаемость, выживаемость и смертность (Titkova et al., 2023). Динамика численности животных, имеющих медицинское или хозяйственное значение, является важным объектом экологических исследований не только в прикладном (для нужд эпидемиологии, охотоведения, сельского хозяйства и т.д.), но и в теоретическом плане.

Малый суслик (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1779) занимает обширный ареал Евразии, что определяет его высокую подвидовую изменчивость (Nikol'skii et al., 2007). Несмотря на это, она характеризуется небольшими географическими отличиями, объясняющимися относительной исторической молодостью вида. На этом основании он до недавнего времени считался полиморфным, экологически пластичным и процветающим видом (Gromov, 1957; Varshavsky, 1962). Малый суслик в XIX – XX столетиях был широко распространён в равнинных и низкогорных сухих степях и полупустынях Приднепровья, Предкавказья, Нижнего Поволжья, на востоке достигая пустыни Бетпак-Дала (Pavlinov, 2019). На западе он не встречался дальше Днепра, а северная граница ареала проходила от его низовий по рекам Ворскла и Коломак, по Северскому Донцу опускалась до 49° с.ш. (г. Изюм), пересекала Дон, поворачивала к востоку на Саратов. По левобережью Волги граница поднималась до 53° с.ш., смещалась на юго-восток, по берегу р. Самары выходила к р. Урал, левобережьем которой опять достигала 53° с.ш. (г. Троицк). Далее граница заходила в Казахстан: поворачивая на юго-восток, выходила к Астане, а оттуда – к озеру Зайсан. Южная граница ареала от Днепра проходила по побережью Чёрного (включая Крым) и Азовского морей, северокавказским степям, северному побережью Каспийского моря, оттуда шла по плато Устюрт вдоль 43° с.ш., огибала с севера Аральское море и спускалась по Сырдарье до низовий Сарысу (Sokolov, 1977).

Характерный обитатель подзоны южных пустынных степей, пустынь и, в особенности, глинистых полупустынь, включая закрепленные песчаные, глинисто-песчаные (на западе ареала), глинистые и лессовые (центральная и восточная часть ареала) (Sludskiy et al., 1969; Zaletaev, 1976; Gromov, Erbajeva, 1995). Оптимальными местообитаниями для малого суслика являются участки разнотравно-полынной сухой степи с разреженной растительностью, полынно-злаковые полупустыни и полынно-солянковые пустыни на целинных и залежных землях.

В недалеком прошлом малый суслик на территории Волго-Уральского междуречья был одним из наиболее многочисленных, средообразующих видов грызунов глинистой полупустыни (Zaletaev, 1976; Varshavsky et al., 1986). Суслики были важным элементом в цепи питания пернатых и наземных хищников, наносили большой вред посевам сельскохозяйственных культур. Малый суслик является основным резервуаром возбудителя чумы, определяя особенности природной очаговости этой особо опасной инфекции в природных очагах Северного Прикаспия (Kalabukhov, Raevsky, 1936; Rall, 1960; Popova, Kutuyev, 2022). Волго-Уральский степной очаг чумы в XIX – первой половине XX в. отличался высокой эпизоотической и эпидемической активностью. На его территории развивались эпизоотии в поселениях малого суслика, что провоцировало эпидемические осложнения среди населения. В границах России и Казахстана в 1876 – 1938 гг. в этом очаге было зарегистрировано 1108 случаев заболеваний людей чумой, из которых 1025 (92.5%) закончились летально (Popova, Kutuyev, 2016). Последние два десятилетия, при достаточно тщательном надзоре за чумой силами Астраханской и Уральской противочумных станций Российской Федерации и Республики Казахстан, эпизоотии на этой территории не выявляются, заболевания людей не отмечаются. Основной причиной такого «затишья» в очаге чумы является достаточно низкая современная численность малого суслика и его блох, участвующих в эпизоотическом процессе (Popova, Kutuyev, 2022).

В настоящее время изменения климата во многих регионах мира, в том числе и на территории Волго-Уральского междуречья, определяют необходимость изучения воздействия природно-климатических факторов на состояние чумной паразитарной системы в описываемом регионе. В качестве контролируемых индикаторных показателей в системе экологического мониторинга используется динамика численности и распространения фонового вида мелких млекопитающих в Волго-Уральском междуречье – малого суслика. Изменения климатических условий, выходящие за пределы нормы, негативно влияют на численность грызунов через увеличение смертности особей, снижение интенсивности размножения.

В последние годы в результате потепления климата и антропогенного пресса численность малого суслика существенно сократилась: граница ареала вида сместилась до 100 км к югу (Oragin, Orarina, 2010; Popov et al., 2016, 2019). По результатам исследований современный нозоареал Волго-Уральского степного природного очага чумы из-за низкого уровня численности суслика – основного носителя возбудителя чумы в границах России сократился на 30% (Kuznetsov et al., 2017). В российской части очага последние находки зараженных чумой животных регистрировали только в 20 – 30-х гг. XX в. В границах Республики Казахстан эпизоо-

СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ МАЛОГО СУСЛИКА

тии чумы в поселения вида неоднократно развивались в разных частях этого очага до 2001 гг. (Grazhdanov, Maikanov, 2022).

Падение численности региональной популяции малого суслика в многолетнем аспекте ведет к закономерному сокращению ареала и фрагментации сохранившихся поселений зверьков. Вышесказанное определяет актуальность исследования современного состояния численности и пространственно-временной структуры ареала вида на территории Волго-Уральского междуречья.

Основной целью исследования явилось определение влияния потепления климата на многолетнюю динамику численности и распространения малого суслика в Волго-Уральском степном природном очаге чумы на территории Российской Федерации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Волго-Уральский степной природный очаг располагается в северной части Прикаспийской низменности в междуречье Волги и Урала. Площадь очага составляет 85000 км², из которых в Российской Федерации (Астраханская и Волгоградская области) – 20873 км², занимает северо-западную территорию очага. Большая часть очага – 64127 км² расположена в степной и полупустынной зонах Западно-Казахстанской и Атырауской областей Республики Казахстан (рис. 1).

Изучение малых сусликов основано на данных полевых и лабораторных исследований, проведенных сотрудниками противочумных учреждений Российской Федерации в 1940 – 2023 гг. на территории Волго-Уральского степного очага чумы в административных границах Харабалинского и Ахтубинского районов Астраханской области, Ленинского, Палласовского, Быковского и Николаевского районов Волгоградской области. В работе использованы литературные источники, архивные данные и оперативные материалы ФКУН Российского противочумного института «Микроб» Роспотребнадзора и ФКУЗ «Астраханская противочумная станция» Роспотребнадзора.



Рис. 1. Современные границы Волго-Уральского степного природного очага чумы на территории Российской Федерации и Республики Казахстан: 1 – государственная граница, 2 – границы Волго-Уральского степного природного очага чумы, 3 – места сбора малого суслика в 1940 – 1999 гг., 4 – места сбора малого суслика в 2000 – 2023 гг.

Fig. 1. Modern borders of the Volga–Ural steppe natural plague focus in the territory of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan: 1 – the boundaries of the Volga–Ural steppe natural plague focus; 3 – collection sites of the small ground squirrel in 1940–1999; 4 – collection sites of the small ground squirrel in 2000–2023

За указанный период было собрано и исследовано в лабораториях противочумных подразделений около 135 тыс. экз. малого суслика. При эпизоотологическом обследовании плотность пунктов отбора полевых проб в среднем за год составляла 3 точки на 100 км². В течение года обследовалось от 60 до 100 пунктов забора материала. С учетом характера распространения вида на территории очага пробы в 1940 – 1999 гг. располагались более или менее равномерно, в 2000 – 2023 гг. обследовались только территории с оставшимися поселениями сусликов в южной части очага.

Учеты численности малого суслика проводились общепринятыми капкано-площадочным или маршрутным методами при подсчете плотности зверьков на 1 гектар. В первые две недели после пробуждения от зимней спячки ее оценивали по числу вертикальных нор-веснянок, в апреле – мае – при вылове зверьков капканами на открывшихся после прикопки входах нор (Rall, 1936; Varshavsky, 1952; Fenyuk et al., 1963). Визуальные наблюдения за просыпанием сусликов от зимней спячки проводили на стационарных участках с января по март, за залеганием разных возрастных групп в летний период – в мае – июле.

Для анализа интенсивности размножения малого суслика использованы материалы, полученные при лабораторном исследовании зверьков на территории Астраханской противочумной станции. При вскрытии зверьков определялись их пол и возраст, у самок – генеративное состояние (Турikova, 1964). Обработаны и проанализированы метеорологические данные по метеостанции г. Харабали (международный код метеостанции: 34687, <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34687.htm>). С учетом глобального потепления климата и экологии малого суслика основное внимание обращали на температурные условия последних 23 лет: наиболее значительный рост температур воздуха отмечался в зимний холодный период года, в то время как в период бодрствования популяции – с марта по август большого отличия температур от средних многолетних уровней не наблюдалось.

Статистически обработаны и проанализированы данные ежегодного учета численности малого суслика, среднемесячные показатели температуры воздуха за 1940 – 2023 гг., показатели интенсивности размножения (ПИР). Последний представляет собой число эмбрионов на 100 половозрелых самок в популяции. Для его подсчета у полиэстральных видов грызунов определяют долю самок (в %), участвующих в размножении (сумма беременных и кормящих), перемножая на среднюю величину эмбрионов на 1 самку.

В качестве индикаторного показателя, определяющего степень неблагоприятного воздействия климатических факторов на состояние популяции малого суслика, использован суммарный показатель средней температуры воздуха января – февраля в указанный период. Для показателей плотности малого суслика, среднемесячных температур воздуха определялись среднее многолетнее значение и стандартная ошибка средней арифметической ($M \pm m$). Для выявления линии тренда многолетней динамики численности малого суслика использована полиномиальная аппроксимация.

Для установления достоверности влияния суммарных показателей среднемесячных температур воздуха января – февраля на многолетнюю динамику численности малого суслика материал был сгруппирован по десятилетним периодам

СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ МАЛОГО СУСЛИКА

(Kolchin et al., 2017). Данные наблюдений были разбиты на периоды: 1940 – 1949, 1950 – 1959, 1960 – 1969, 1970 – 1979, 1980 – 1989, 1990 – 1999, 2000 – 2009, 2010 – 2019 гг. и наше время (2020 – 2023 гг.). Для каждого из них определен коэффициент корреляции Пирсона (ρ) между показателями суммарных средних значений температур января – февраля и численности малого суслика по указанным выше временным периодам. Также определена достоверность отличий в средних показателях температуры и плотности сусликов по этим 9 периодам.

Статистическая и графическая обработка данных выполнена с применением программ MS Excel 2000 (Microsoft Corp.) и Statistica 6.0 (Statsoft Inc., OK, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате выполненного анализа установлены периоды низкой (1940 – 1968 гг., 2001 – 2023 гг.) и повышенной (1969 – 1981 гг., 1997 – 2000 гг.) численности малого суслика на территории Волго-Уральского степного природного очага чумы в 1940 – 2023 гг. Для выяснения роли изменения климата в состоянии популяций малого суслика выполнен анализ влияния температуры зимних месяцев на динамику численности этого вида (рис. 2).

Полиномиальные линии трендов подтверждают наличие циклических составляющих динамики его численности ($y = -0.0076x^2 + 0.5984x + 3.0005$, $R^2 = 0.3$) и колебаний среднемесячных температур воздуха января – февраля

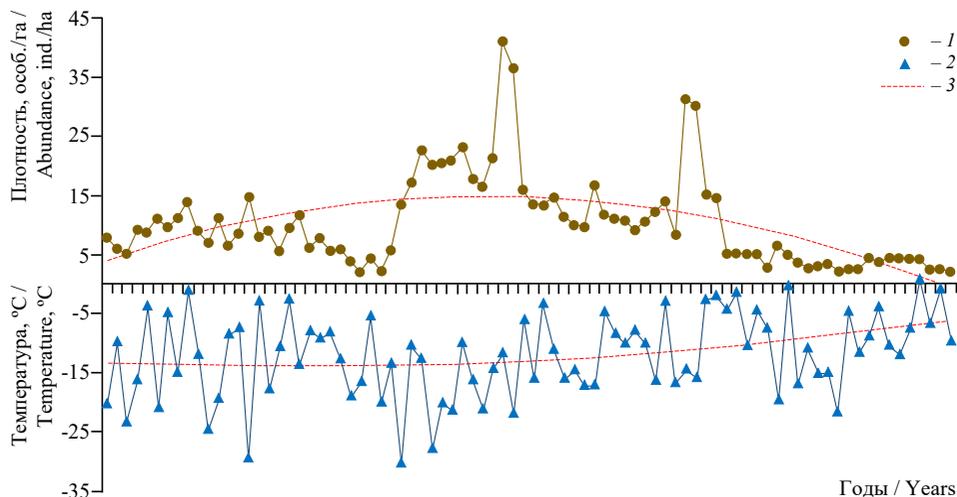


Рис. 2. Многолетняя динамика численности малого суслика в Волго-Уральском степном природном очаге чумы на территории РФ и средние среднемесячных температур воздуха января – февраля (по метеостанции г. Харабали) в 1940 – 2023 гг.: 1 – число зверьков на 1 га, 2 – средняя температур января – февраля, 3 – полиномиальная линия тренда

Fig. 2. Long-term dynamics of the small ground squirrel population in the Volga–Ural steppe natural plague focus in the territory of the Russian Federation and average monthly air temperatures in January – February (according to the Kharabali meteorological station) in 1940–2023: 1 – numbers of animals per 1 ha, 2 – average January–February temperature, 3 – a polynomial trend line

($y = 0.002x^2 - 0.0866x - 12.962$, $R^2 = 0.1$) на территории Волго-Уральского степного природного очага чумы в 1940 – 2023 гг.

В период 1940 – 1968 гг. на всей территории Волго-Уральского междуречья установлено развитие глубоких депрессий численности малого суслика. При этом особенно неблагоприятным в климатическом отношении стало десятилетие 1953 – 1965 гг., на протяжении которого численность сусликов во многих районах Северного Прикаспия значительно снизилась, причем наиболее значительное падение плотности зверьков отмечено здесь в подзонах полупустыни и северной пустыни. На обширных территориях с равнинным рельефом относительно равномерные поселения суслика сменились островными или ленточными поселениями. Аналогичная ситуация – почти полное вымирание сусликов – отмечалась в начале 1960-х гг. и на реликтовых равнинных выделах – ашиках, на территории располагающихся южнее Волго-Уральских песков.

По мере наступления более благоприятных для жизнедеятельности малых сусликов погодных и кормовых условий, их численность в 1969 – 1981 гг. возросла до 15 – 41 особ. / га. Однако этот длительный подъем численности малых сусликов был остановлен погодными условиями 1982 г., когда вследствие неустойчивой холодной весны период размножения сусликов растянулся до двух месяцев. Вследствие этого в 1982 г. в популяциях малого суслика имел место чрезвычайно низкий приплод молодняка, дальнейшая подготовка которого к спячке («нажировка») проходила в условиях последовавшей весенне-летней засухи. В последующие годы началось постепенное сокращение плотности малого суслика на всей территории очага, что объясняется влиянием аридизации климата и воздействием интенсивного сельскохозяйственного освоения – распашек, ирригации и других антропогенных причин (Matrosov et al., 2013; Okulova et al., 2016). В связи с этим поселения вида стали носить локальный, мозаичный характер. На протяжении последующих лет, за исключением кратковременного подъема численности в 1997 – 2000 гг., на территории Волго-Уральского степного природного очага чумы сохраняется низкий уровень численности малого суслика. В 1980 – 2023 гг. средняя многолетняя плотность вида составила 9.2 особ. / га при колебаниях в отдельные годы от 2.0 (2023 г.) до 36.5 (1980 г.) особ. / га. За последние 10 лет средняя плотность суслика в российской части очага составила всего 3.3 особ. / га, варьируя по годам от 2.0 (2023 г.) до 4.4 (2017 г.) особ. / га.

Для выяснения причин значительного сокращения популяций малых сусликов на территории российской части Волго-Уральского степного природного очага чумы в 1980 – 2023 гг. проанализирована многолетняя динамика климатических показателей по метеостанции г. Харабали, которая расположена в районе проведения полевых исследований. Поскольку на территории Волго-Уральского междуречья в 1940 – 2023 гг. пробуждение зверьков из спячки регистрировали с III декады января по III декаду марта, основным критерием для оценки степени неблагоприятного воздействия климатических факторов на состояние популяций этого вида определен суммарный средний показатель среднемесячных температур воздуха в феврале – январе.

Анализ долгосрочных изменений среднемесячных температур за этот период показывает, что в 1940 – 1979 гг. среднемноголетние показатели температуры воз-

СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ МАЛОГО СУСЛИКА

духа в январе характеризовались более низкими, по сравнению с февральскими, значениями (таблица).

Среднеголетние значения температуры воздуха января и февраля (по метеостанции г. Харабали) и показателей плотности малого суслика на территории российской части Волго-Уральского степного природного очага чумы по периодам в 1940 – 2023 гг.

Table. Average January–February air temperatures (according to the Kharabali weather station) and the density of small ground squirrels in the RF part of the Volga-Ural steppe natural plague outbreak by periods in 1940–2023

Периоды / Periods	Среднеголетний показатель температуры воздуха в январе, °С / Average January air temperature, °С	Среднеголетний показатель температуры воз- духа в феврале, °С / Average February air temperature, °С	Среднее суммарное значение показателей температуры воздуха в январе – феврале, °С / Total average January– February air tempera- ture value, °С	Среднеголетние значения плотности малого суслика, особ. / га / Annual- average density of small ground squirrels, animals per ha
1940–1949	-7.3 ± 1.6 -11.5–0.4	-5.6 ± 1.4 -11.6–0.4	-6.0 ± 1.3 11.6–0.4	9.1 ± 0.8 5–13.8
1950–1959	-6.8 ± 1.4 -16.6–2.1	-6.7 ± 1.9 -18.6–0.4	-6.8 ± 1.4 -14.6–1.3	9.1 ± 0.9 5.6–14.6
1960–1969	-7.2 ± 1.1 -17.0–3.3	-7.0 ± 1.2 -13.1–1.4	-7.0 ± 1.2 -15.1–2.7	5.6 ± 1.0 1.9–13.4
1970–1979	-9.4 ± 1.8 -14.4–3.4	-7.0 ± 1.1 -11.4–2.4	-8.2 ± 0.9 -13.9–4.9	22.1 ± 2.2 17.1–41
1980–1989	-5.8 ± 1.1 -12.6–1.7	-6.8 ± 1.3 -11.2–0.1	-6.3 ± 1.0 -10.9–1.5	15.3 ± 2.5 9.6–36.5
1990–1999	-5.0 ± 0.9 -10.2–2.0	-10.3 ± 1.3 -16.5–2.5	-5.2 ± 0.8 -8.3–1.5	15.2 ± 2.7 9.1–31.2
2000–2009	-4.6 ± 1.6 -12.9–2.4	-3.0 ± 0.9 -6.4–0.7	-3.8 ± 1.0 -9.7–0.9	5.5 ± 1.1 2.6–14.5
2010–2019	-5.8 ± 1.8 -8.1–3.7	-5.2 ± 1.4 -14.4–0.8	-5.5 ± 0.8 -10.8–1.9	3.4 ± 0.3 2.1–4.4
2020–2023	-3.6 ± 1.6 -5.8–0.3	-1.2 ± 1.5 -3.9–1.7	-2.0 ± 1.2 -4.8–0.4	2.8 ± 0.5 2.0–4.2

Примечание. В числителе – $M \pm m$, в знаменателе – $min - max$.

Note. The numerator is $M \pm m$, the denominator is $min - max$.

На фоне низких температур воздуха в январе пробуждение малого суслика проходило в феврале – марте, а более высокие февральские температуры обеспечивали оптимальные условия для «дружного» выхода из спячки и участия в размножении всех половозрастных групп малого суслика. Такое сочетание январских и февральских температур воздуха имело место на протяжении 1960 – 1979 гг. и, с нашей точки зрения, именно эти климатические условия во многом способствовали подъему и сохранению высокого уровня численности вида на рассматриваемой территории.

В периоды 1980 – 1989 гг. и 1990 – 1999 гг. ситуация кардинально изменилась: температура февраля была ниже температуры января. В течение ряда лет (1980 – 1999 гг.) частые повышения температуры в январе и значительные понижения в феврале оказывали губительное воздействие на популяции малых сусли-

ков повсеместно на территории Волго-Уральского степного очага чумы, равно как и в других регионах Северного и Северо-Западного Прикаспия (Porov et al., 2013). Изменение чередования холодных (январь) и теплых (февраль) месяцев в период с 1980 по 1999 гг. является, на наш взгляд, основным механизмом, определяющим негативное влияние современного потепления климата на популяции малого суслика в Прикаспийской низменности.

Депрессия численности малого суслика в 2000 – 2023 гг. в Волго-Уральском степном очаге, как и на всей территории Прикаспия, обусловлена потеплением климата в зимний период (Magerramov et al., 2022). Оттепели в это время провоцируют раннее пробуждение зверьков от зимней спячки с выходом на поверхность, а последующие похолодания приводят к массовой гибели зверьков. Это прежде всего касается взрослых самцов, которые на 20 – 30 дней залегают в спячку раньше самок, и раньше пробуждаются после зимней спячки. Учатившееся раннее пробуждение в конце зимы с последующим массовым вымиранием самцов сказывается на соотношении полов, нарушает гон весной, негативно отражаясь на интенсивности размножения всей популяции (Lane et al., 2012; Sheriff et al., 2013; Falvo et al., 2019; Magerramov et al., 2021).

Графическая оценка зависимости плотности популяции зверьков на территории Волго-Уральского междуречья от общей средней температуры января – февраля за период 1940 – 2023 гг. представлена на рис. 3. Коэффициент Пирсона $\rho = -0.6$, откуда следует, что увеличение температуры зимних месяцев приводит к снижению численности и, как следствие этого, к сокращению ареала малого суслика.

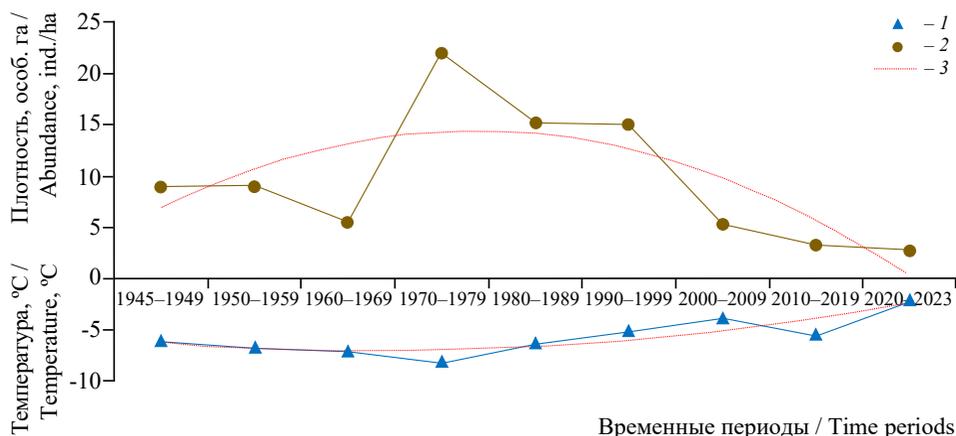


Рис. 3. Влияние повышения температуры зимних месяцев (январь – февраль) на динамику численности малого суслика в Волго-Уральском степном природном очаге чумы на территории РФ в 1940 – 2023 гг.: 1 – среднемесячные температуры января – февраля, 2 – число зверьков на 1 га, 3 – полиномиальная линия тренда

Fig. 3. Impact of the winter (January–February) temperature increase on the small ground squirrel population dynamics in the Volga–Ural steppe natural plague focus in the territory of the Russian Federation in 1940–2023: 1 – average January–February air temperatures; 2 – number of animals per 1 ha; 3 – a polynomial trend line

СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ МАЛОГО СУСЛИКА

Полиномиальные линии трендов динамики численности малых сусликов ($y = -0.6562x^2 + 5.7355x + 1.8788$, $R^2 = 0.5$) и колебаний среднемесячных температур воздуха января – февраля ($y = 0.1398x^2 - 0.062x - 5.5338$, $R^2 = 0.8$) подтверждают наличие обратной корреляции между этими циклическими процессами на территории Северного Прикаспия.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты наших наблюдений показали, что наиболее выраженные негативные последствия современного потепления климата для популяций малого суслика на территории Прикаспийской низменности приходятся на период 2000 – 2023 гг. Анализ факторов, влияющих на показатель интенсивности размножения вида в Волго-Уральском междуречье, подтверждает, что основными из них здесь являются сроки и характер пробуждения зверьков после зимней спячки и преобладающие погодные условия весны (Fedosenko, Efremenko, 1964; Sheriff et al., 2011, 2013; Kucheravuy et al., 2021). Возвращение холодов в конце весны, выпадение снега и связанный с этим недостаток питания приводят к резкому снижению ПИР грызунов (рис. 4).

На территории Северного Прикаспия количество самок, участвующих в размножении в период с 1940 по 2023 г., варьировало от 18.7 (2023 г.) до 91.3% (1988 г.). По данным наблюдений в 1940 – 1969 гг. среднее число участвующих в размножении самок малого суслика составляло 61.9%, в 1970 – 1999 гг. – 53.9%, в 2000 – 2019 гг. – 34.7%, в 2020 – 2023 гг. – всего 26.7%. Таким образом, ПИР популяции основного носителя чумы постепенно падал. Так, в 1940 – 1969 гг. среднее число эмбрионов на одну самку составляло 6.3; в 1970 – 1999 гг. – 5.8; в 2000 – 2019 гг. сократился до 5.4; в 2020 – 2023 гг. – этот показатель составил 5.7.

Для наглядности весь период наблюдений был разбит на десятилетние периоды (рис. 5). Результаты исследования свидетельствуют, что среднее число эмбрионов в одной и той же географической популяции малого суслика было относительно постоянным, но все же колебалось в течение нескольких лет. В годы засухи или неблагоприятных условий для наживки зверьков у самок отмечалось снижение числа эмбрионов и их резорбция.

Резорбция эмбрионов у размножающихся самок происходит во всех популяциях малого суслика в пределах его ареала. В годы, когда условия жизни грызунов резко ухудшаются, количество случаев рас-

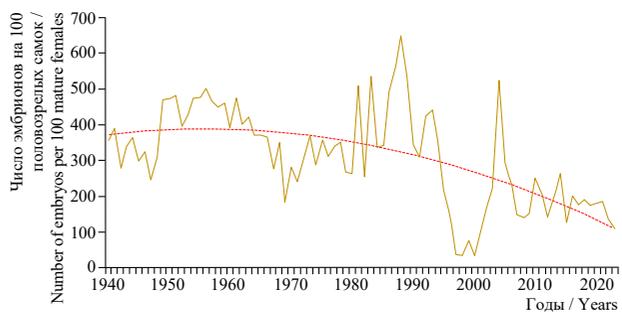


Рис. 4. Показатели интенсивности размножения малого суслика в Волго-Уральском междуречье в 1940 – 2023 гг.; пунктирная линия – полиномиальная линия тренда

Fig. 4. Reproduction intensity indicators of the small ground squirrel in the Volga–Ural interfluve in 1940–2023; dotted line is a polynomial trend line

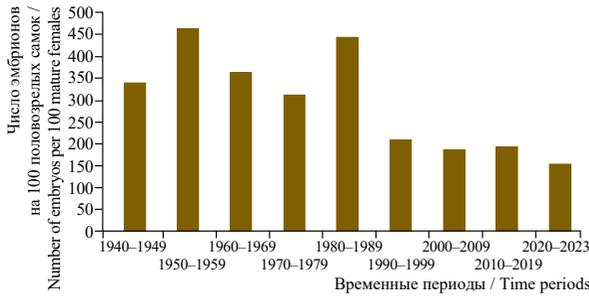


Рис. 5. Показатели интенсивности размножения малого суслика в Волго-Уральском междуречье по 10-летним периодам 1940 – 2023 гг.

Fig. 5. Reproduction intensity indicators of the small ground squirrel in the Volga–Ural interfluvium by 10-year periods in 1940–2023

сусликов, зависящая от числа самок, участвующих в размножении, неодинакова в различных зональных условиях и колеблется в многолетнем аспекте.

Изменение репродуктивной активности малого суслика во многом определяется сроками и характером пробуждения зверьков от спячки, их упитанностью, погодными и кормовыми условиями текущей весны (Shevchenko et al., 1984). Затяжная и неустойчивая весна, резкое похолодание, снегопады и недостаток корма в период пробуждения сусликов – вот условия, которые приводят к снижению интенсивности размножения.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что ПИР малого суслика (при нынешнем низком уровне численности) определяется в основном экологическими факторами, а не внутривидовыми механизмами. Кроме того, в многолетнем плане существует определенная ритмичность в изменении интенсивности размножения зверьков, влияющей на динамику их численности, что также связано с колебаниями погодных условий. В период с 40-х по 60-е гг. XX в. климат в регионе Северного и Северо-Западного Прикаспия становился все более засушливым, что негативно сказалось на репродуктивной способности популяций малого суслика. Особенно в годы с неблагоприятными погодными явлениями доля беременных самок в популяции суслика на территории Прикаспийской низменности неуклонно снижалась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в современный период состояние численности малого суслика в различных частях ареала определяется комплексом антропогенных и климатических факторов (Shilov et al., 1989; Kuznetsov et al., 2017). Однако в прошлом столетии, даже в результате крупномасштабных истребительных мероприятий, направленных на оздоровление Волго-Уральского степного природного очага, не удалось снизить численность малого суслика до современного уровня. Решающим фактором, по нашему мнению, является современное глобальное потепление климата.

ссыхания эмбрионов значительно возрастает, отмечаясь у 2 – 9% беременных самок. В особо неблагоприятные годы резорбция эмбрионов происходит в большом количестве. Так, в Северном Прикаспии весной 1975 г., когда очень рано установилась сильнейшая засуха, резорбция эмбрионов зарегистрирована у 31% беременных самок, при этом у большинства из них рассасывались все эмбрионы (Popov et al., 2016). Также отметим, что ПИР

СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ МАЛОГО СУСЛИКА

Основной причиной снижения численности вида является не абсолютное значение зимних температур, а чередование теплых и холодных периодов в эти месяцы. Поэтому, если температуры января и февраля близки друг к другу, эффект от реализации повышения температуры может иметь разный характер. Негативное влияние зимнего повышения температуры на состояние зверьков реализуется в основном в годы, когда за «теплым» январем следует «холодный» февраль, или когда теплые и холодные периоды чередуются в течение одного месяца. При неоднократном чередовании теплых и холодных сезонов рано проснувшиеся грызуны массово гибнут от недостатка корма и холодов. С нашей точки зрения, именно более частое повторение таких неблагоприятных сочетаний погодных условий в зимние месяцы в начале XXI столетия и явилось одной из главных причин развития современной глубокой депрессии численности основного носителя чумы – малого суслика и его специфических эктопаразитов – блох *Neopsylla setosa* (Wagner, 1898), *Citellophilus tesquorum* (Wagner, 1898), *Frontopsylla semura* (Wagner et Ioff, 1926) (Magerramov et al., 2023). Вследствие депрессивного состояния паразитарной системы Волго-Уральского степного природного очага отмечено снижение его эпизоотической активности, вплоть до полного прекращения развития эпизоотий чумы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Falvo C. A., Koons D. N., Aubry L. M. Seasonal climate effects on the survival of a hibernating mammal. *Ecology and Evolution*, 2019, vol. 9, iss. 7, pp. 3756–3769.

Fedosenko A. K., Efremenko A. T. On the influence of the peculiarities of spring 1958 on periodic phenomena in the life of the small gopher. In: *Materialy Yubileinoi konferentsii Ural'skoi protivochumnoi stantsii, 1914 – 1964 gg.* [Proceedings of the Anniversary Conference of the Ural Anti-Plague Station, 1914–1964]. Uralsk, Ministry of Health of the USSR Publ., 1964, pp. 216–220 (in Russian).

Fenyuk B. K., Pastukhov B. N., Semenov N. M. Organization and methodological principles of accounting of rodent numbers by anti-plague institutions. In: *Organizatsiya i metody ucheta ptits i vrednykh gryzunov* [Organization and Methods of Accounting of Birds and Harmful Rodents]. Moscow, Izdatel'stvo AN SSSR, 1963, pp. 152–158 (in Russian).

Grazhdanov A. K., Maikanov N. S. General information about the causative agent of plague and sources of excretion in natural foci of West Kazakhstan region. In: Popova A. Yu., Kuttyrev V. V., eds. *Proceedings of the XVI Interstate Scientific and Practical Conference on the Issues of Sanitary Protection of the Territory and Reducing the Risk of Spread of Plague*. Saratov, Amirit, 2022, pp. 36–39 (in Russian).

Gromov I. M. Materials on the history of the rodent fauna of the Lower Urals and Northern Caspian. *Proceedings of the Zoological Institute of Academy of Sciences of the USSR*, 1957, vol. 22, pp. 192–245 (in Russian).

Gromov I. M., Erbajeva M. A. *The Mammals of Russia and Adjacent Territories. Lagomorphs and rodents*. St. Petersburg, Zoological Institute of Russian Academy of Sciences Publ., 1995. 520 p. (in Russian).

Kalabukhov N. I., Raevsky V. V. Life cycle of the little souslik (*Citellus pygmaeus* Pall.) and regularities in plague epizooty development. IV. Ecological peculiarities of the little souslik during different periods of annual cycle. *Bulletin of Microbiology, Epidemiology and Parasitology*, 1936, vol. 15, iss. 1, pp. 109–130 (in Russian).

Kolchin E. A., Barmin A. N., Kryzhanovskaya G. V., Valov M. V. Features of climatic changes in the arid territory of the Russian Federation. *Geology, Geography and Global Energy*, 2017, no. 4, pp. 113–122 (in Russian).

Kucheravy C. E., Waterman J. M., Dos Anjos E. A. C., Hare J. F., Enright C., Berkvens C. N. Extreme climate event promotes phenological mismatch between sexes in hibernating ground squirrels. *Scientific Reports*, 2021, vol. 11, iss. 1, article no. 21684. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01214-5>

Kuznetsov A. A., Matrosov A. N., Porshakov A. M., Chekashov V. N., Shilov M. M. Modifications to the boundaries of the natural plague foci in the Volga–Ural interfluve. *Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2017, no. 2, pp. 19–22 (in Russian). <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-2-19-22>

Lane J. E., Kruuk L. E. B., Charmantier A., Murie J. O., Dobson F. S. Delayed phenology and reduced fitness associated with climate change in a wild hibernator. *Nature*, 2012, vol. 489, no. 7417, pp. 554–557. <https://doi.org/10.1038/nature11335>

Magerramov S. V., Marcocha K. S., Mandzhieva V. S., Yakovlev S. A., Popov N. V. Winter months' temperature rises effect on duration of phenological phases for *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778 populations located in Caspian depression (Astrakhan oblast). *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2021, vol. 21, iss. 1, pp. 72–77 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-1-72-77>

Magerramov S. V., Martsokha K. S., Yakovlev S. A., Mandzhieva V. S., Bondarev V. A., Lidzhigaryeva G. V., Matrosov A. N., Popov N. V. Modern climate warming impact on the population dynamics of the small ground squirrel (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778) (Rodentia, Mammalia) in the Ilmenno-Pridel'tovyy region of the Caspian lowland. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2022, no. 1, pp. 17–33 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-1-17-33>

Magerramov S. V., Martsokha K. S., Mandzhieva V. S., Smolyankina M. G., Grigoriev M. P., Kuznetsov A. A., Popov N. V. Assessment of the effect of contemporary climate warming on the small ground squirrel fleas population dynamics in Northwestern region of Caspian depression. *Parazitologiya*, 2023, vol. 57, no. 2, pp. 124–136 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0031184723020035>

Matrosov A. N., Chekashov V. N., Porshakov A. M., Yakovlev S. A., Shilov M. M., Knyazeva T. V., Kuznetsov A. A., Mokrousova T. V., Tolokonnikova S. I., Krasovskaya T. Yu., Sharova I. N. Fauna and number of animals–carriers and vectors of natural focal zoonoses in the semi-desert zone of the Saratov Volga region. In: *Biodiversity of Terrestrial and Aquatic Animals and Bioresources: Proceedings of the I International Internet Conference*. Kazan, Kazan State University Publ., 2013, pp. 87–91 (in Russian).

McComb B. C., Zucerbberg B., Vesely D. G., Jordan Ch. A. *Monitoring Animal Populations and Their Habitats: A Practitioner's Guide*. Corvallis, Oregon State University, 2010. 464 p. <https://doi.org/10.1201/9781420070583>

Nikol'skii A. A., Ermakov O. A., Titov S. V. Geographical variability of the little ground squirrel (*Spermophilus pygmaeus*): A bioacoustic analysis. *Zoologicheskii zhurnal*, 2007, vol. 86, no. 11, pp. 1379–1388 (in Russian).

Okulova N. M., Grazhdanov A. K., Neronov V. V. *Structure and Dynamics of Mammalian Communities in Western Kazakhstan*. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2016. 920 p. (in Russian).

Oparin M. L., Oparina O. S. Bird and mammal complex transformation of steppe ecosystems under ploughing up (with Saratov steppes as examples). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2010, no. 4, pp. 361–373 (in Russian).

Pavlinov I. Ya. *Land Beasts of Russia: A Guide-determiner. Pt. 1. Insectivores, Wings, Hares, Rodents*. Moscow, KMK Scientific Press, 2019. 340 p. (in Russian).

Popov N. V., Bezsmertny V. E., Udovikov A. I., Kuznetsov A. A., Sludsky A. A., Matrosov A. N., Knyazeva T. V., Fedorov Yu. M., Popov V. P., Grazhdanov A. K., Ayazbaev T. Z., Yakovlev S. A., Karavaeva T. B., Kutyrev V. V. Impact of the present-day climate changes on the natural plague foci condition, situated in the territory of the Russian Federation and other CIS Countries. *Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2013, iss. 3, pp. 23–28 (in Russian).

Popov N. V., Grazhdanov A. K., Yakovlev S. A., Matrosov A. N., Grigor'ev M. P., Belova O. A., Ermolova N. V., Kulichenko A. N., Mandzhieva V. S., Sintsov V. K., Golosovskii S. M., Khalidov A. Kh., Bamatov D. M., Khasaev S. M., Korzhov P. N., Lidzhi-Goriaeva G. V., Bukreeva O. M., Sandzhiev V. B.-Kh., Iashkulov K. B. *Malyi suslik (Spermophilus pygmaeus Pallas, 1778, Rodentia) v Prikaspii i Predkavkaz'e* [Small Souselik (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778, Rodentia) in the Caspian Sea Region and Ciscaucasia]. Saratov, Amirit, 2016. 236 p. (in Russian).

Popov N. V., Yakovlev S. A., Lidzhi-Garyaeva G. V., Matrosov A. N., Sludsky A. A., Badmaev T. V., Sandzhev Valery B.-H., Magerramov Sh. V., Karavaeva T. B. Effect of the Current climate warming on the terms of key phenological stages in the population of *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778 (Rodentia, Mammalia) in the Ergenin Upland territory. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2019, no. 3, pp. 360–370 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2019-3-360-370>

Popova A. Yu., Kutyrev V. V., eds. *Cadastre of Epidemic and Epizootic Manifestations of Plague in the Territory of the Russian Federation and Neighboring Countries (1876–2016)*. Saratov, Amirit, 2016. 248 p. (in Russian).

Popova A. Yu., Kutyrev V. V., eds. *Atlas of Natural Foci of Plague in Russia and Foreign Countries*. Kaliningrad, RA Poligrafych, 2022. 348 p. (in Russian).

Rall Yu. M. Some methods of ecological accounting of rodents. *Problems of Ecology and Biocenology*, 1936, no. 3, pp. 140–157 (in Russian).

Rall Yu. M. *Gryzuni i prirodnye ochagi chumy* [Rodents and Natural Foci of Plague]. Moscow, Medgiz, 1960. 224 p. (in Russian).

Sheriff M. J., Kenagy G. J., Richter M., Lee T., Tøien Ø., Kohl F., Buck C. L., Barnes B. M. Phenological variation in annual timing of hibernation and breeding in nearby populations of Arctic ground squirrels. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences*, 2011, vol. 278, iss. 1716, pp. 2369–2375. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2482>

Sheriff M. J., Richter M. M., Buck C. L., Barnes B. M. Changing seasonality and phenological responses of free-living male arctic ground squirrels: The importance of sex. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, 2013, vol. 368, iss. 1624, article no. 20120480. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0480>

Shevchenko V. L., Popov N. V., Shevchenko G. V., Medzykhovskiy G. A., Efimov S. V., Udovikov A. I., Mastiukov M. L. State of abundance and phenology of the small gopher in 1978–1983 in the territories of the Volga-Ural and Trans-Ural steppe plague foci. *Voprosy epizootologii nauchnoochagovye infections*, 1984, pp. 63–70 (in Russian).

Shilov M. N., Varshavskiy S. N., Popov N. V., Kozakevich V. P., Denisov P. S., Varshavskiy B. S. Epizootologic consequences of anthropogenic transformation of landscapes of the Eurasian South-East of the USSR. In: *Tezisy dokladov XII Vsesoyuznoi konferentsii po prirodnoi ochagovosti boleznei* [Theses of Reports of the XII All-Union Conference on Natural Focality of Diseases]. Novosibirsk, Siberian Branch of VASHNIL, 1989, pp. 46–48 (in Russian).

Sludskiy A. A., Varshavskiy S. N., Ismagilov M. I., Kapitonov V. I., Shubin I. G. *Mammals of Kazakhstan: in 4 vols. Vol. 1, pt. 1. Rodents (Marmots and Ground Squirrels)*. Almaty, Nauka, 1969. 455 p. (in Russian).

Sokolov V. E. *Sistematika mlekopitayushchikh* [Systematics of Mammals]. Moscow, Vysshaya Shkola, 1977, vol. 2. 493 p. (in Russian).

Titkova T. B., Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A. Current climatic trends in evaporation and soil moisture changes in the South of European Russia. *Arid Ecosystems*, 2023, vol. 13, iss. 3, pp. 239–247. <https://doi.org/10.1134/S2079096123030150>

Tupikova N. V. Study of reproduction and age composition of populations of small mammals. In: *Metody izucheniya prirodnykh ochagov boleznei cheloveka* [Methods of Studying Natural Foci of Human Diseases]. Moscow, Meditsina, 1964, pp. 154–191 (in Russian).

Varshavsky S. N. Modern methods of counting gophers and great gerbils. In: *Metody ucheta i geograficheskogo raspredeleniya nazemnykh pozvonochnykh* [Methods of Counting and Geographical Distribution of Terrestrial Vertebrates]. Moscow, Izdatel'stvo AN SSSR, 1952, pp. 47–67 (in Russian).

Varshavsky S. N. Age types and the history of settlement of the small souslik. In: *Issledovaniia geografii prirodnykh resursov rastitel'nogo i zhivotnogo mira* [Studies of the Natural Resource Geography of the Plant and Animal World]. Moscow, Leningrad, Izdatel'stvo AN SSSR, 1962, pp. 59–79 (in Russian).

Varshavsky S. N., Popov N. V., Lavrovsky A. A., Shilov M. N., Survillo A. V., Kozakevich V. P., Denisov P. S., Sorokina Z. S., Varshavsky B. S., Denisenko I. I., Vikulina A. E. Present situation with the range and the numbers of the little souslik in the European South-East of the USSR in connection with anthropogenous transformation of landscapes. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists, Biological Series*, 1986, vol. 91, iss. 4, pp. 10–22 (in Russian).

Zaletaev V. S. *Life in the Desert (Geographical-Biogeocoenotic and Ecological Problems)*. Moscow, Mysl, 1976. 271 p. (in Russian).

**Decrease in the population of the small ground squirrel –
Spermophilus pygmaeus Pallas, 1779 (Rodentia, Sciuromorpha, Sciuridae)
in the Volga–Ural steppe natural focus of plague**

Sh. V. Magerramov^{1✉}, **A. N. Matrosov**¹, **T. A. Bocharnikova**², **A. K. Grazhdanov**¹,
K. S. Martsokha¹, **A. A. Kuznetsov**¹, **A. A. Sludsky**¹, **N. V. Popov**¹

¹ Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”

46 Universitetskaya St., Saratov 410005, Russia

² Astrakhan Plague Control Station

3 Kubanskaya St., Astrakhan 414000, Russia

Received: March 13, 2024 / revised: May 24, 2024 / accepted: May 28, 2024 / published: March 31, 2025

Abstract. The paper presents the results of our study of a small ground squirrel (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1779) population in the territory of the Volga–Ural interfluvium between 1940 and 2023. The influence of global warming on the population dynamics of this species in the Volga–Ural steppe natural plague focus is considered. Data from the annual censuses of the small ground squirrel abundance (number of individuals per 1 ha); reproduction intensity indicators; average monthly air temperature indicators at weather stations in the town of Kharabali for the period of 1940–2023 were statistically processed and analyzed. It is emphasized that the population dynamics of this species is determined by a whole complex of natural and anthropogenic factors. At the same time, in semi-desert conditions, the limiting factor for the small ground squirrel population is the distribution of air temperature and precipitation over seasons and years. The influence of temperature in January–February, which provoke emergence to the surface when small ground squirrels awaken from hibernation, is assessed. The main mechanism determining the negative impact of modern climate warming on the small ground squirrel population in the Northern Caspian Sea region has been established.

Keywords: small ground squirrel, density indicators, climate warming, average monthly January–February temperatures, Volga–Ural steppe natural focus of plague

Ethics approval and consent to participate. Animal protocols were approved by the Bioethics Commission of the Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe” (protocol No. 4 dated March 11, 2022).

Conflict of interest: The authors have declared that no competing interests exist.

For citation: Magerramov Sh. V., Matrosov A. N., Bocharnikova T. A., Grazhdanov A. K., Martsokha K. S., Kuznetsov A. A., Sludsky A. A., Popov N. V. Decrease in the population of the small ground squirrel – *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1779 (Rodentia, Sciuromorpha, Sciuridae) in the Volga–Ural steppe natural focus of plague. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2025, no. 1, pp. 48–63 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2025-1-48-63>

✉ *Corresponding author.* Laboratory of Epizootiological Monitoring and the Information Technology Sector in Epidemiology of the Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Shamil V. Magerramov: <https://orcid.org/0000-0002-2578-1558>, magerramov.1994@list.ru; Alexander N. Matrosov: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>, anmatrosov@mail.ru; Tatyana A. Bocharnikova: harabalipcho@yandex.ru; Alexander K. Grazhdanov: <https://orcid.org/0000-0002-0022-9521>, rusrapi@microbe.ru; Kirill S. Martsokha: <https://orcid.org/0000-0003-2913-3766>, box4hawx@mail.ru; Alexander A. Kuznetsov: <https://orcid.org/0000-0002-0677-4846>, sansanych-50@mail.ru; Alexander A. Sludsky: <https://orcid.org/0000-0003-4705-6151>, rusra-pi@microbe.ru; Nikolay V. Popov: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>, popovnv47@mail.ru.