

Оригинальная статья

УДК 599.322.2(470.46)

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-1-17-33>

**ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА
НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ МАЛОГО СУСЛИКА
(*SPERMOPHILUS PYGMAEUS* PALLAS, 1778)
(RODENTIA, MAMMALIA)
В ИЛЬМЕННО-ПРИДЕЛЬТОВОМ РАЙОНЕ
ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

**Ш. В. Магеррамов ^{1✉}, К. С. Марцоха ¹, С. А. Яковлев ¹, В. С. Манджиева ²,
В. А. Бондарев ², Г. В. Лиджи-Гаряева ³, А. Н. Матросов ¹, Н. В. Попов ¹**

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

³ *Элистинская противочумная станция Роспотребнадзора*

Россия, 358000, г. Элиста, Главпочтамт, а/я 28

Поступила в редакцию 26.11.2021 г., после доработки 26.01.2022 г., принята 07.02.2022 г.

Аннотация. Рассматривается влияние глобального потепления климата на динамику численности малого суслика на границе его ареала в зоне северной пустыни на территории Ильменно-Придельтового ландшафтного района Прикаспийской низменности в 1945 – 2019 гг. Проанализированы и статистически обработаны данные численности малого суслика и среднемесячные показатели температуры воздуха в январе – феврале по метеостанциям г. Астрахань за последние 75 лет. Подчеркивается, что динамика численности вида определяется целым комплексом природных и антропогенных факторов. Вместе с тем в условиях пустыни для малого суслика лимитирующим являются распределение температуры воздуха и осадков по сезонам и годам. Проанализировано воздействие температур в январе – феврале, провоцирующих пробуждение малого суслика от зимней спячки. Высокая температура января с последующим похолоданием в феврале приводит к массовой гибели зверьков, что в последующем негативно влияет на фенологию основных явлений в жизни моноэстрального вида, нарушает структуру популяции и приводит к снижению поголовья зверьков. На фоне низких температур воздуха в январе месяце пробуждение малого суслика проходило в феврале – марте, а более высокие февральские температуры обеспечивали оптимальные условия

✉ Для корреспонденции. Лаборатория эпизоотологического мониторинга Российского научно-исследовательского противочумного института «Микроб».

ORCID и e-mail адреса: Магеррамов Шамиль Валехович: <https://orcid.org/0000-0002-2578-1558>, mageramov.1994@list.ru; Марцоха Кирилл Сергеевич: <https://orcid.org/0000-0003-2913-3766>, box4hawx@mail.ru; Яковлев Сергей Альбертович: <https://orcid.org/0000-0003-2224-8501>, rusrapi@microbe.ru; Манджиева Валентина Сергеевна: yandykipcho@rambler.ru; Бондарев Виктор Андреевич: en-epcho@yandex.ru; Лиджи-Гаряева Гиляна Владимировна: <https://orcid.org/0000-0003-1727-2689>, gilyanal@gmail.com; Матросов Александр Николаевич: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>, anmatrosovi@mail.ru; Попов Николай Владимирович: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>, popovnv47@mail.ru.

© Магеррамов Ш. В., Марцоха К. С., Яковлев С. А., Манджиева В. С., Бондарев В. А., Лиджи-Гаряева Г. В., Матросов А. Н., Попов Н. В., 2022

для «дружного» выхода из спячки и участия в размножении всех половозрастных групп малых сусликов. Такое сочетание январских и февральских температур воздуха имело место на протяжении 1960 – 1979 гг., что способствовало росту и сохранению относительно высокого уровня численности вида. В 1980 – 2009 гг. высокие температуры зимних месяцев провоцировали ранний выход зверьков из спячки: численность суслика снизилась и держалась на низком уровне. В 2010 – 2019 гг. на фоне понижения температуры зимнего периода прослеживался эффект стабилизации плотности малого суслика и некоторый рост плотности вида.

Ключевые слова: малый суслик, показатели плотности, среднемесячные температуры января и февраля, потепление климата

Для цитирования. Магеррамов Ш. В., Марцоха К. С., Яковлев С. А., Манджиева В. С., Бондарев В. А., Лиджи-Гаряева Г. В., Матросов А. Н., Попов Н. В. Влияние современного потепления климата на динамику численности малого суслика (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778) (Rodentia, Mammalia) в Ильменно-Придельтовом районе Прикаспийской низменности // Поволжский экологический журнал. 2022. № 1. С. 17 – 33. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-1-17-33>

ВВЕДЕНИЕ

Малый суслик (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778) – доминирующий вид грызунов на обширных пространствах полупустынь Прикаспия, исторически энзотичных по чуме (Варшавский, Крылова, 1939; Варшавский, 1962; Дмитриев, 2004). В XX столетии в разных частях ареала состояние его популяция определялось антропогенными и климатическими факторами (Бабенышев, 1956; Варшавский, 1962; Окулова и др., 2005, 2009, 2016; Попов и др., 2016). Начавшееся в 40 – 50-х гг. прошлого столетия глобальное потепление климата носило поступательный, волновой характер и предопределило в целом значительное повышение температуры зимних месяцев в регионах Северного и Северо-Западного Прикаспия (Золотокрылин и др., 2015; Колчин и др., 2017; Черенкова, 2019). Последнее явилось основной причиной изменения сроков пробуждения малых сусликов, равно как и других фенологических фаз их жизнедеятельности и, как следствие, обусловило сокращение численности вида в Прикаспии и Предкавказье в 50 – 60-х и 80 – 90-х гг. XX в. (Удовиков и др., 2005; Попов и др., 2019). Для малого суслика особенно катастрофические последствия климатических изменений имели место на кромке его ареала – на территории Волго-Кумского междуречья, где после 1980 г. уровень его численности вплоть до настоящего времени остается стабильно низким.

Цель работы – в условиях глобального потепления климата оценить влияние зимних температур на многолетнюю динамику численности малого суслика в зоне северной пустыни в Ильменно-Придельтовом ландшафтном районе Прикаспийской низменности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использованы архивные и оперативные материалы ФКУЗ «Российского научно-исследовательского противочумного института «Микроб», ФКУЗ Астраханской и Элистинской противочумных станций Роспотребнадзора за период 1945 – 2019 гг., литературные данные. Статистически обработаны и проанализированы данные ежегодного учета численности малого суслика (число особей на

1 га) на территории Ильменно-Придельтового ландшафтного района, расположенного на Прикаспийской низменности в границах Волго-Кумского междуречья, а также среднемесячные показатели температуры воздуха по метеостанциям г. Астрахань за период 1945 – 2019 гг. При проведении анализа состояния поселений малого суслика на территории Волго-Кумского междуречья также использованы данные по территории Приморского ландшафтного района и Чёрных земель.

В качестве индикаторного показателя, определяющего степень неблагоприятного воздействия климатических факторов на состояние численности малого суслика, использован суммарный показатель средней температуры воздуха января-февраля в указанный период. Для показателей плотности малого суслика, среднемесячных температур воздуха определена 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 (Колчин и др., 2017). В связи с отсутствием данных по плотности малых сусликов в период 1940 – 1944 гг., анализ выполнен по периодам (1945 – 1949, 1950 – 1959, 1960 – 1969, 1970 – 1979, 1980 – 1989, 1990 – 1999, 2000 – 2009, 2010 – 2019 гг.). Для каждого из периодов определен коэффициент корреляции (R) между суммарными показателями средних значений температур января – февраля месяцев и показателями плотности малого суслика. Также определена достоверность отличий в средних показателях температуры и плотности сусликов по 8 выделенным периодам. Статистическая и графическая обработка данных выполнена с применением программ MS Excel 2000 (Microsoft Corp.) и Statistica 6.0 (Statsoft Inc., OK, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Территория Волго-Кумского междуречья относится к зоне северной пустыни (Берг, 1968; Исаченко, 2001), является южным форпостом ареала малого суслика. Вследствие негативного влияния потепления климата в 1945 – 2019 гг. в ландшафтных районах – Ильменно-Придельтовом, Приморском, Чёрные земли – отмечено постепенное снижение численности этого зонального вида полупустынь. Причем основные тенденции колебания численности малого суслика в данных ландшафтных районах полностью совпадали (Попов и др., 2016). В многолетнем аспекте наиболее резкие колебания численности этого вида и изменения структуры его поселений, вплоть до полного их исчезновения, отмечены для территорий Чёрных земель и Приморья. В границах Ильменно-Придельтового ландшафтного района поселения малых сусликов носили более стабильный характер. Спады численности зверьков неизменно отмечали в годы, когда вслед за повышением температуры воздуха в январе – феврале, провоцирующим раннее пробуждение сусликов, в первую очередь, самцов (Sheriff et al., 2013), вновь происходил возврат холодов, нередко сопровождавшийся выпадением снега, что приводило к массовой гибели зверьков и нарушению сроков прохождения последующих фенологических фаз жизнедеятельности (Магеррамов и др., 2021; Lane et al., 2012; Falvo et al., 2019;

Porov et al., 2020). Резкие снижения численности суслика также имели место в периоды развития засухов и наступления весенне-летних засух (Kirilyuk, 2012).

На фоне первой волны потепления 40 – 50-х гг. XX в. численность малого суслика в Прикаспийской низменности стала повсеместно снижаться (рис. 1). Полиномиальные линии трендов подтверждают наличие циклических составляющих динамики его численности ($y = -0.0021x^2 + 0.1043x + 5.4401$; $R^2 = 0.2$) и колебаний среднемесячных температур воздуха января – февраля месяцев ($y = -0.0003x^2 + 0.1107x - 13.214$; $R^2 = 0.1$) на территории Ильменно-Придельтового района Прикаспийской низменности в 1945 – 2019 гг. В период 1945 – 1960 гг. развитие глубоких депрессий численности малого суслика отмечено на территории Ильменно-Придельтового района в Астраханской области. Такие же процессы происходили и на сравнимых районах Чёрных земель и Приморского ландшафтного района Прикаспийской низменности. Снижению плотности малого суслика также способствовало усиление процессов опустынивания Прикаспийской низменности, вызванного падением уровня Каспийского моря (Лавровский, 1966; Попов и др., 2016). Естественно, это оказалось более выражено в непосредственной близости к Каспию. В центральной и северной частях ареала и в этот период наблюдались кратковременные подъемы численности зверьков в 1949 г., 1953 – 1954 гг., 1956 г., 1958 г. В 60-х гг. прошлого столетия, по мере наступления более благоприятных для жизнедеятельности малых сусликов погодных и кормовых условий, их численность стала вновь постепенно повышаться (табл. 1).

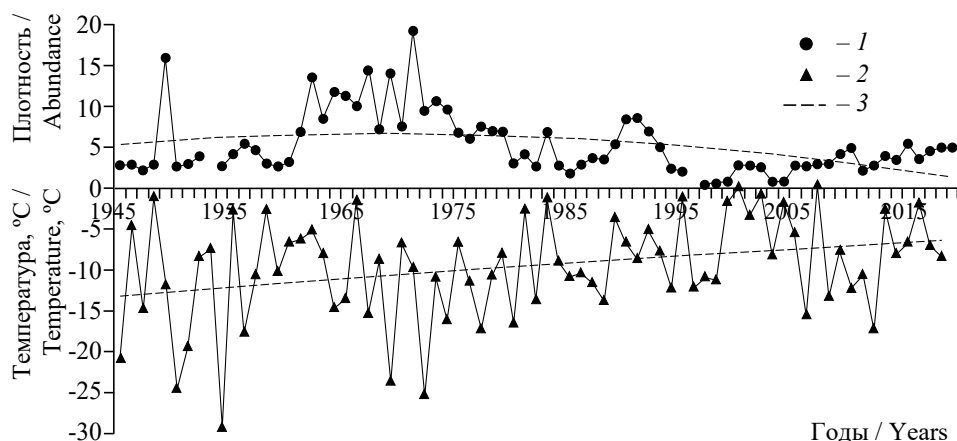


Рис. 1. Динамика численности малого суслика в Ильменно-Придельтовом ландшафтном районе Прикаспийской низменности и средние среднемесячных температур воздуха января – февраля (по метеостанции г. Астрахань) в 1945 – 2019 гг.: 1 – число зверьков на 1 га; 2 – средняя температура января – февраля; 3 – полиномиальная линия тренда

Fig. 1. Small ground squirrel population dynamics in the Ilmenno-Prideltovy landscape area of the Caspian lowland and the average January–February air temperatures (according to the Astrakhan weather station) in 1945–2019: 1 – amount of animals per 1 hectare, 2 – average January–February temperature, 3 – a polynomial trend line

Таблица 1. Показатели плотности малого суслика в ландшафтных районах Волго-Кумского междуречья в 1945 – 1979 гг.

Table 1. Density of small ground squirrels in the Volga-Kuma interfluvial landscape areas in 1945–1979

Годы / Years	Плотность малых сусликов по ландшафтно-экологическим районам, особ. / га / The ecological landscape animals density per 1 hectare		
	Ильменно-Придельтовский / Ilmenno-Prideltovyy	Приморье / Primorye	Чёрные земли / Chornye Zemli
1945–1949	5.4±2.6	20.8±9.5	7.9±3.3
	2.2–15.9	11.3–30.2	3.6–21.2
1950–1959	3.4±0.4	10.1±1.2	6.3±0.9
	1.0–5.4	5.4–16.5	2.7–10.6
1960–1969	10.0±1.1	20.8±2.4	13.5±1.4
	3.2–14.4	9.7–31.8	5.6–19.3
1970–1979	9.1±1.2	7.8±1.1	8.5±1.1
	6.1–19.2	3.9–15.3	4.1–15.2

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

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

В 1960 – 1979 гг. на рассматриваемой территории отмечен выраженный и длительный подъем численности малого суслика. В этот период средние многолетние показатели плотности зверьков достигали в Ильменно-Придельтовом районе 7.5 особ. / га; в Приморье – 13.5 особ. / га, на Чёрных землях – 9.2 особ. / га. Однако этот длительный подъем численности малых сусликов был остановлен погодными условиями 1979 г., когда вследствие неустойчивой холодной весны в их популяциях имел место чрезвычайно низкий приплод молодняка, дальнейшая подготовка которого к спячке («нажировка») проходила в условиях последовавшей весенне-летней засухи.

С 1980 г. также синхронно на всей территории Прикаспийской низменности отмечено развитие многолетней депрессии численности малого суслика. В 1980 г. показатели плотности зверьков снизились в Ильменно-Придельтовом районе – до 3.1 особ. / га; в Приморье – до 0.8 особ. / га, на Чёрных землях – до 3.6 особ. / га. К 1985 г. фоновая плотность малого суслика на рассматриваемой территории Прикаспийской низменности сократилась до 0.8 – 2.0 особ. / га. В 1980 – 1989 гг., по мере снижения уровня численности малого суслика под влиянием климатических и антропогенных факторов (Попов и др., 1995, 2013; Дятлов и др., 2001), его поселения стали носить локальный, мозаичный характер. На легких супесчаных и песчаных почвах под влиянием перевыпаса и распашек широкое распространение получили процессы ветровой эрозии (Виноградов и др., 1985), и на вновь возникших массивах развееванных песков доминирующее положение в биоценозах Прикаспийской низменности заняли полуденная и гребенщикова песчанки. Низкая продуктивность пастбищ также способствовала исчезновению поселений сусликов на обширных пространствах (Магомедов, 1987). Все это в целом подтверждает негативную роль современного потепления климата на состояние численности малого суслика в Прикаспийской низменности (Атаев и др., 2011).

В 1990 – 2019 гг., помимо повышения температуры зимних месяцев, в регионе Северо-Западного Прикаспия имело место увеличение количества осадков в холодный и теплый периоды года, что благоприятно отразилось на состоянии степ-

ной растительности и способствовало подъему численности общественной полёвки, других видов мышевидных грызунов и песчанок (Матросов и др., 2003, 2015). Однако даже в этот период, несмотря на хорошее состояние кормовой базы для грызунов, увеличения численности малого суслика не произошло. Последнее объясняли ухудшением в 1990 – 2019 гг. условий их обитания в связи с увеличением проективного покрытия растительностью. Повышенные плотности зверьков сохранились лишь в окрестностях стоянок животноводов, где растительный покров значительно разрежен вследствие перевыпаса (Шилова и др., 2009; Попов и др., 2016; Омаров, 2017). В целом общая площадь поселений малого суслика, доминирующего на территории Прикаспийской низменности вплоть до конца 70-х гг. прошлого столетия, в 1990 – 2019 гг. сократилась на 75 – 80% (Тихомиров, 1989), а фоновая плотность зверьков в настоящее время не превышает 1-2 особей на 1 га. В этой связи для более глубокого анализа причин депрессии суслика нами были привлечены данные температурного режима зимних месяцев.

Для выяснения причин развития многолетней глубокой депрессии численности малого суслика Ильменно-Придельтовом районе Прикаспийской низменности в 1980 – 2019 гг. выполнен анализ многолетней динамики климатических показателей по метеостанции г. Астрахань, которая наиболее близко (около 100 км) расположена к местам проведения полевых наблюдений. В связи с тем, что на территории Ильменно-Придельтового района Прикаспийской низменности в 1945 – 2019 гг. пробуждение малых сусликов из спячки регистрировали со второй декады января по первую 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 месяцев. В результате анализа многолетней динамики среднемесячных температур воздуха в этот период установлено, что в 1945 – 1979 гг. среднемноголетние показатели температуры воздуха в январе характеризовались более низкими, по сравнению с февральскими, значениями (табл. 2). На фоне низких температур воздуха в январе месяце 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 малых сусликов. 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 период 1980 – 1989 гг. и 1990 – 1999 гг. ситуация коренным образом изменилась: температуры воздуха в феврале стали более низкими по сравнению с январскими значениями. Наступление серии лет (1980 – 1999 гг.), когда в январе имело место частое повышение температуры воздуха с последующим их значительным понижением в феврале, катастрофически отразилось на состоянии–численности малого суслика на всей территории Прикаспийской низменности, равно как и в других регионах Северо-Западного Прикаспия (Попов и др., 2008). Изменение в 1980 – 1999 гг. последовательности чередования холодных (январь) и теплых (февраль) месяцев явилось, с нашей точки зрения, основным механизмом,

предопределившим негативное влияние современного потепления климата на популяции малого суслика в Прикаспии.

Таблица 2. Среднемноголетние значения температуры воздуха января и февраля месяцев (по метеостанции г. Астрахань) и показателей плотности малого суслика на территории Ильменно-Придельтового ландшафтного района Прикаспийской низменности по периодам в 1945 – 2019 гг.

Table 2. Average January–February air temperatures (according to the Astrakhan weather station) and the density of small ground squirrels in the Ilmenno–Prideltovy landscape territory of the Caspian lowland by periods, 1945–2019

Периоды / Periods	Среднемноголетний показатель температуры воздуха в январе, °C / Average January air temperature, °C	Среднемноголет- ный показатель температуры воз- духа в феврале, °C / Average February air temperature, °C	Среднее суммарное значение показателей температуры воздуха в январе – феврале, °C / Total average January– February air tempera- ture value, °C	Среднемноголетние значения плотности малого суслика, особ. / 1 га / Annual- average density of small ground squirrels, animals per 1 hectare
1945–1949	-5.6±1.7	-4.5±2.2	-5.3±1.8	5.4±2.6
1950–1959	-6.6±1.4	-6.6±1.9	-6.6±1.4	3.6±0.3
1960–1969	-5.4±1.1	-4.8±1.1	-5.1±1.0	10.1±1.2
1970–1979	-7.1±1.5	-5.1±1.0	-6.1±0.9	9.1±1.2
1980–1989	-4.03±0.9	-5.2±1.2	-4.2±0.8	3.7±0.5
1990–1999	-3.8±0.7	-3.9±1.0	-3.8±0.7	3.9±1.1
2000–2009	-3.5±1.3	-1.9±0.8	-2.7±0.9	2.6±0.3
2010–2019	-4.3±0.5	-3.9±1.3	-4.1±0.8	4.1±0.3

Для установления достоверности влияния суммарных среднесуточных температур воздуха января – февраля на многолетнюю динамику численности малого суслика материал был сгруппирован по 8 периодам (1945 – 1949, 1950 – 1959, 1960 – 1969, 1970 – 1979, 1980 – 1989, 1990 – 1999, 2000 – 2009, 2010 – 2019 гг.). Для каждого из них определен коэффициент корреляции (R) между показателями суммарных средних значений температур января – февраля месяцев и численности малого суслика по 8 указанным выше временным периодам ($R = -0.5$). Графическая оценка зависимости плотности малых сусликов на территории Ильменно-Придельтового ландшафтного района Прикаспийской низменности от суммарных средних температур января – февраля в 1945 – 2019 гг. приведена на рис. 2.

Полиномиальные линии трендов динамики численности малых сусликов ($y = -0.203x^2 + 1.3726x + 4.3133$; $R^2 = 0.3$) и колебаний среднесуточных температур воздуха января-февраля месяцев ($y = -0.0319x^2 + 0.1067x - 6.087$; $R^2 = 0.6$) подтверждают наличие обратной корреляции между этими циклическими процессами на территории Ильменно-Придельтового района Прикаспийской низменности.

Результаты выполненного анализа также свидетельствуют о том, что наиболее выраженный негативный эффект влияния современного потепления климата (Rasifici et al., 2018) на состояние численности малого суслика на территории Ильменно-Придельтового ландшафтного района Прикаспийской низменности имел место в 1980 – 2009 гг. В 2010 – 2019 гг. на фоне очередного понижения температуры зимних месяцев отмечен эффект стабилизации численности малого суслика на рассматриваемой территории. Таким образом, можно полагать, что судя по по-

лученным результатам многолетних полевых наблюдений за влиянием колебаний температуры в зимние месяцы на состояние популяций малого суслика, определяющим фактором является не абсолютные значения температуры зимних месяцев, а последовательность чередования теплых и холодных периодов. Поэтому при близких значениях температуры января и февраля месяцев эффект реализации повышения их температуры может носить неодинаковый характер. Негативное влияние повышения температуры зимних месяцев на состояние популяций малого суслика реализуется в основном в годы, когда после «теплого» января наступает «холодный» февраль» или аналогичное чередование теплых и холодных периодов имеет место в течение одного месяца (январь, февраль). При повторении такой последовательности чередования теплых и холодных периодов рано проснувшиеся суслики массово гибнут от бескормицы и холода. Большинству популяций сусликов, в первую очередь первогодкам, в связи с малым запасом жира не удастся заново залечь в спячку. С нашей точки зрения, именно увеличение частоты реализации этого механизма в период 1980 – 1989 гг. и предопределило наступление глубокой депрессии малого суслика в Ильменно-Придельтовом районе Прикаспийской низменности.

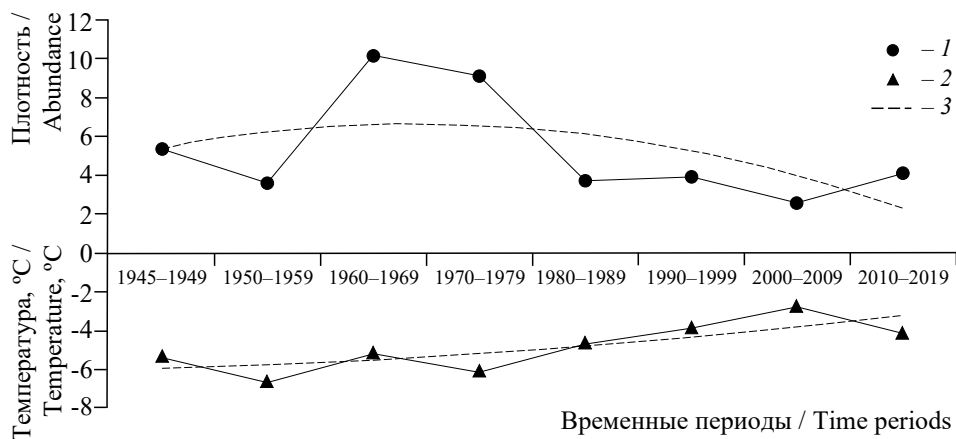


Рис. 2. Влияние повышения температуры зимних месяцев (январь – февраль) на динамику численности малого суслика в Ильменно-Придельтовом ландшафтном районе Прикаспийской низменности в 1945 – 2019 гг.: 1 – число зверьков на 1 га, 2 – среднесезонные температуры января – февраля, 3 – полиномиальная линия тренда

Fig. 2. Impact of the winter (January–February) temperature increase on the small ground squirrel population dynamics in the Ilmenno-Prideltovy landscape of the Caspian lowland in 1945–2019: 1 – animals amount per 1 hectare, 2 – average January–February air temperatures, 3 – a polynomial trend line

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя полученные результаты исследования, считаем важным подчеркнуть, что динамика численности любого вида определяется целым комплексом

природных и антропогенных факторов. Однако на границах ареалов зональных видов грызунов при оценке причин колебания численности, а в ряде случаев глубоких депрессий и даже вымирания, необходимо обращать внимание на лимитирующие экологические факторы. Таковыми для малого суслика оказываются особенности распределения температуры воздуха и осадков по сезонам и годам. В аридных циклы значительный отход поголовья зверьков наблюдается в весенне-летние засушливые периоды с суховейными явлениями. Не менее значимыми для зимоспящих видов грызунов являются условия зимних месяцев (Van Vuren, Armitage, 1991). Достаточно негативное воздействие глобального потепления климата наблюдается в январе – феврале, когда потепление приводит к раннему пробуждению сусликов с последующей их гибелью при возврате холодов. Наши данные статистически подтвердили это положение: колебания температур зимних месяцев и показатели плотности малого суслика изменяются в обратно-пропорциональной зависимости.

В заключение отметим, что в условиях прогнозируемого глобального усиления потепления климата, вплоть до 2030 – 2050 гг. (Бондаренко и др., 2018; Campos et al., 2014), на территории европейского Юго-Востока Российской Федерации можно ожидать сохранения тенденции повышения температур воздуха зимних месяцев (Катцов и др., 2017), равно как и усиления негативного влияния этого фактора на состояние популяций малого суслика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атаев З. В., Братков В. В., Гаджибеков М. И. Полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия : изменчивость климата и динамика. Махачкала : Дагестанский государственный педагогический университет, 2011. 124 с.
- Бабенышев В. П. Материалы по расселению и изменению ареала малого суслика (*Citellus pygmaeus* Pallas, 1778) в Предкавказье // Труды научно-исследовательского Противочумного института Кавказа и Закавказья. 1956. Вып. 1. С. 372 – 378.
- Берг Л. С. Физико-географическое районирование СССР. М. : Изд-во Московского университета, 1968. 578 с.
- Бондаренко Л. В., Маслова О. В., Белкина А. В., Сухарева К. В. Глобальное изменение климата и его последствия // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2018. № 2. С. 84 – 93.
- Варшавский С. Н. Возрастные типы и история расселения малого суслика // Исследования географии природных ресурсов растительного и животного мира. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1962. С. 59 – 79.
- Варшавский С. Н., Крылова К. Т. Экологические особенности популяции малого суслика (*Citellus pygmaeus* Pall.) в разные периоды жизни // Зоологический журнал. 1939. Т. 18, вып. 6. С. 1026 – 1047.
- Виноградов Б. В., Лебедев В. В., Кулик К. Н., Катцова А. Н. Измерение экологической тенденции опустынивания по повторным эрокоsmическим снимкам // Доклады Академии наук СССР. 1985. Т. 285, № 5. С. 1269 – 1272.
- Дмитриев А. И. Эволюция мелких млекопитающих аридной зоны. Н. Новгород : Изд-во Нижегородского государственного педагогического университета, 2004. 251 с.
- Дятлов А. И., Грижебовский Г. М., Ефременко В. И., Мезенцев В. М. Эколого-эпидемиологические последствия антропогенной трансформации ландшафтов и некоторых

чрезвычайных ситуаций на Северном Кавказе // Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане (Алматы). 2001. Вып. 4. С. 128 – 133.

Золотокрылин А. Н., Титкова Т. Б., Черенкова Е. А., Виноградова В. В. Тренды увлажнения и биофизических параметров засушливых земель европейской части России за период 2000 – 2014 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12, № 2. С. 155 – 161.

Исаченко А. Г. Экологическая география России. СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2001. 327 с.

Катцов В. М., Школьник И. М., Ефимов С. В. Перспективные оценки изменений климата в российских регионах : детализация в физическом и вероятностном пространствах // Метеорология и гидрология. 2017. № 7. С. 68 – 80.

Колчин Е. А., Бармин А. Н., Крыжановская Г. В., Валов М. В. Особенности климатических изменений аридной территории Российской Федерации // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 4. С. 113 – 122.

Лавровский А. А. Изменения ландшафтов и фаунистических комплексов на побережье Каспийского моря в связи с его регрессией и влияние этих изменений на природные очаги чумы : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Саратов, 1966. 46 с.

Магеррамов Ш. В., Марцоха К. С., Манджиева В. С., Яковлев С. А., Попов Н. В. Влияние повышения температуры зимних месяцев на сроки основных фенологических фаз жизнедеятельности *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778 на территории Прикаспийской низменности (Астраханская область) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 72 – 77. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-1-72-77>

Магомедов М.-Р. Д. Половая структура популяции некоторых зимоспящих видов грызунов // Экология. 1987. № 2. С. 13 – 20.

Матросов А. Н., Кузнецов А. А., Слудский А. А., Попов Н. В., Козлова Т. А., Голосовский С. М., Манжиева В. С., Ким Т. С., Синцов В. К., Ерофеев А. В. Экологические особенности и эпизоотологическое значение общественной полевки в Прикаспийском песчаном очаге чумы // Поволжский экологический журнал. 2003. № 2. С. 147 – 157.

Матросов А. Н., Синцов В. К., Манджиева В. С., Голосовский С. М., Ким Т. С., Лещук В. А., Кузнецов А. А., Поршаков А. М., Яковлев С. А., Удовиков А. И., Лейнерт А. Ю., Чекашов В. Н., Шилов М. М., Шарова И. Н., Куклев В. Е., Казорина Е. В., Гражданов А. К., Лопатин А. А., Скаленко С. Ю., Князева Т. В., Троицкая А. А., Давыдова Т. П., Аганов Б. Л., Кабин В. В., Санджиев Д. Н., Яшкуллов К. Б., Халидов А. Х., Хасаев С. М., Бамматов Д. М., Попов Н. В., Кутырев В. В. Условия активизации эпизоотий чумы в Прикаспийском песчаном природном очаге в 2014 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2015. № 4. С. 30 – 35.

Окулова Н. М. Перспективы развития учения о многолетней динамике численности животных // Многолетняя динамика популяций животных и растений на ООПТ и сопредельных территориях по материалам стационарных и тематических наблюдений : материалы конференции. Череповец : Порт-Апрель, 2005. С. 76 – 78.

Окулова Н. М. Опыт изучения многолетней динамики численности млекопитающих // Поволжский экологический журнал. 2009. № 2. С. 125 – 136.

Окулова Н. М., Гражданов А. К., Неронов В. В. Структура и динамика сообществ млекопитающих Западного Казахстана. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2016. 920 с.

Омаров К. З. Структура популяций и сообществ мелких млекопитающих в степных экосистемах Северо-Западного Прикаспия и Восточной Монголии // Аридные экосистемы. 2017. Т. 23, № 2. С. 36 – 41.

Попов Н. В., Сурвилло А. В., Князева Т. В., Варшавский Б. С., Подсвилов А. В., Санджиев В. Б.-Х., Яковлев С. А. Биоценотические последствия антропогенной трансформации ланд-

шафтов Черных земель // Биота и природная среда Калмыкии. М. ; Элиста : Коркис, 1995. С. 211 – 221.

Попов Н. В., Санджиев В. Б., Сангаджиева Г. В., Удовиков А. И., Яковлев С. А., Караваева Т. Б., Подсвилов А. В., Кутырев В. В. Влияние современного потепления климата на развитие нового межэпизоотического периода Прикаспийского Северо-Западного степного природного очага чумы // Проблемы особо опасных инфекций. 2008. № 1. С. 31 – 34.

Попов Н. В., Безсмертный В. Е., Удовиков А. И., Кузнецов А. А., Слудский А. А., Матросов А. Н., Князева Т. В., Федоров Ю. М., Попов В. П., Гражданов А. К., Аязбаев Т. З., Яковлев С. А., Караваева Т. Б., Кутырев В. В. Влияние современного изменения климата на состояние природных очагов чумы России и других стран СНГ // Проблемы особо опасных инфекций. 2013. № 3. С. 23 – 28.

Попов Н. В., Гражданов А. К., Яковлев С. А., Матросов А. Н., Григорьев М. П., Белова О. А., Ермолова Н. В., Куличенко А. Н., Манджиева В. С., Синцов В. К., Голосовский С. М., Халидов А. Х., Бамматов Д. М., Хасаев С. М., Коржов П. Н., Лиджи-Гаряева Г. В., Букреева О. М., Санджиев В. Б.-Х., Яшулов К. Б. Малый суслик (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778, Rodentia) в Прикаспии и Предкавказье. Саратов : Амирит, 2016. 236 с.

Попов Н. В., Удовиков А. И., Ерошенко Г. А., Караваева Т. Б., Яковлев С. А., Поршаков А. М., Зенкевич Е. С., Кутырев В. В. Влияние колебаний уровня Каспийского моря на эпизоотическую активность Прикаспийского песчаного природного очага чумы // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2016. № 1. С. 12 – 17.

Попов Н. В., Яковлев С. А., Лиджи-Гаряева Г. В., Матросов А. Н., Слудский А. А., Бадмаев Т. В., Санджиев В. Б.-Х., Маггеррамов Ш. В., Караваева Т. Б. Влияние современного потепления климата на сроки основных фенологических фаз в популяции *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778 (Rodentia, Mammalia) на территории Ергенинской возвышенности // Поволжский экологический журнал. 2019. № 3. С. 360 – 370. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2019-3-360-370>

Тихомиров Э. Л. Некоторые особенности энзоотии чумы в Прикаспийском Северо-Западном (Прикаспийском песчаном) очаге // Природная очаговость, микробиология и профилактика зоонозов / Всесоюзный научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Саратов, 1989. С. 16 – 22.

Удовиков А. И., Матросов А. Н., Яковлев С. А., Попов Н. В. Тенденция многолетней динамики численности и распространения малого суслика в природных очагах чумы в XX столетии // Проблемы особо опасных инфекций. 2005. № 1. С. 33 – 37.

Черенкова Е. А. Изменения атмосферных осадков на Восточно-Европейской равнине и их связь с долгопериодными колебаниями климата в Северной Атлантике : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2019. 45 с.

Шилова С. А., Савинецкая Л. Е., Неронов В. В. Динамика численности и биомассы малого суслика (*Spermophilus pygmaeus* Pall., 1778) в пастбищных экосистемах Калмыкии за 28-летний период // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15, № 2. С. 28 – 38.

Kirilyuk V. E. Influence of climate change on vegetation and wildlife in the Daurian Ecoregion. Eurasian steppes // Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World. Dordrecht : Springer, 2012. P. 397 – 424.

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. P. 3756 – 3769.

Campos M., Warren R., Birkmann J., Luber G., O'Neill B., Takahashi K. Emergent risks and key vulnerabilities // Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova,

B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, L. L. White. Cambridge : Cambridge University Press, 2014. P. 1039 – 1099.

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, № 7417. P. 554 – 557. <https://doi.org/10.1038/nature11335>

Pacifici M., Visconti P., Rondinini C. A framework for the identification of hotspots of climate change risk for mammals // *Global Change Biology*. 2018. Vol. 24, iss. 4. P. 1626 – 1636. <https://doi.org/10.1111/gcb.13942>

Popov N. V., Yakovlev S. A., Lidzhi-Garyaeva G. V., Matrosov A. N., Sludsky A. A., Badmaev T. V., Sanjiev B.-Kh., Magerramov Sh. V., Karaeva T. B. Influence of modern climate warming on the terms of basic phenological phases in the population of *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778 (Rodentia, Mammalia) on the territory of the Yergenin uplands // *Biology Bulletin*. 2020. Vol. 47, iss. 10. P. 1398 – 1403. <https://doi.org/10.1134/S106235902010018>

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 B: Biological Sciences*. 2013. Vol. 368, iss. 1624. Article number 20120480. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0480>

Turbill C., Prior S. Thermal climate linked variation in annual survival rate of hibernating rodents: Shorter winter dormancy and lower survival in warmer climates // *Functional Ecology*. 2015. Vol. 30, iss. 8. P.1366 – 1372.

Van Vuren D., Armitage K. B. Duration of snow cover and its influence on life-history variation in yellow-bellied marmots // *Canadian Journal of Zoology*. 1991. Vol. 69, iss. 7. P. 1755 – 1758.

**Modern climate warming impact on the population dynamics
of the small ground squirrel (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778)
(Rodentia, Mammalia) in the Ilmenno-Prideltovy region of the Caspian lowland**

**S. V. Magerramov^{1✉}, K. S. Martsokha¹, S. A. Yakovlev¹, V. S. Mandzhieva²,
V. A. Bondarev², G. V. Lidzhi-Garyaeva³, A. N. Matrosov¹, N. V. Popov¹**

¹ Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”
46 Universitetskaya St., Saratov 410005, Russia

² Astrakhan Plague Control Station

3 Kubanskaya St., Astrakhan 414000, Russia

³ Elista Plague Control Station

a/y a 28 Glavpochtamt, Elista 358000, Russia

Received: 26 November 2021 / revised: 26 January 2022 / accepted: 7 February 2022

Abstract. The influence of the global climate warming on the population dynamics of the small ground squirrel at the border of its range in the northern desert zone on the territory of the Ilmenno-Prideltovy landscape area of the Caspian lowland in 1945–2019 is considered. Data on the numbers of small ground squirrels and the average monthly air temperature in January–February at the Astrakhan weather stations for the last 75 years have been analyzed and statistically processed. It is emphasized that the abundance dynamics of the species is determined by a whole complex of natural and anthropogenic factors. At the same time, in desert conditions, the distribution of air temperature and precipitation by seasons and years is limiting for the small ground squirrel. The January–February temperature effect provoking the awakening of the small ground squirrel from hibernation is analyzed. The high January temperature, followed by the February cooling, led to the mass death of animals, which would subsequently negatively affect the phenology of the main phenomena in the life of this monoestral species, disrupt the population structure and lead to a decrease in the numbers of animals. Against the background of the low January air temperatures, the awakening of the small gopher took place in February–March, and the higher February temperatures provided optimal conditions for a simultaneous exit from hibernation and participation in the reproduction of all sex and age groups of small gophers. Such a combination of January and February air temperatures took place during 1960–1979, which contributed to the growth and preservation of a relatively high level of the species' abundance. The high temperatures of the 1980–2009 winter months provoked the early release of the animals from hibernation: the numbers of ground squirrels decreased and kept at a low level. Against the background of decreases temperatures of the 2010–2019 winter periods, the effect of stabilization of the small ground squirrel population and some increase in the density of the species was observed.

Keywords: small ground squirrel, density indicators, climate warming, average January–February monthly temperatures

✉ Corresponding author. Laboratory of Epizootiological monitoring, 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; Kirill S. Martsokha: <https://orcid.org/0000-0003-2913-3766>, box4hawx@mail.ru; Sergey A. Yakovlev: <https://orcid.org/0000-0003-2224-8501>, rusrapi@microbe.ru; Valentina S. Mandzhieva: yandykipcho@rambler.ru; Victor A. Bondarev: en-epcho@yandex.ru; Gilyana V. Lidzhi-Garyaeva: <https://orcid.org/0000-0003-1727-2689>, gilyanal@gmail.com; Alexander N. Matrosov: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>, anmatrosov@mail.ru; Nikolai V. Popov: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>, popovnv47@mail.ru.

For citation: Magerramov S. V., Martsokha K. S., Yakovlev S. A., Mandzhieva V. S., Bondarev V. A., Lidzhi-Garyeva 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'tovy 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>

REFERENCES

- Ataev Z. V., Bratkov V. V., Gadzhibekov M. I. *Polupustynnye landshafty Severo-Zapadnogo Prikaspiia: izmenchivost' klimata i dinamika* [Semi-desert Landscapes of the North-Western Caspian Sea Region: Climate Variability and Dynamics]. Makhachkala, Dagestan State Pedagogical University Publ., 2011. 124 p. (in Russian).
- Babenyshev V. P. Data on the settlements and changes in the areal of the small ground squirrel (*Citellus pygmaeus* Pall.) in the Ciscaucasia. *Proceedings of the Research Anti-Plague Institute of the Caucasus and Transcaucasia*, 1956, iss. 1, pp. 372–378 (in Russian).
- Berg L. S. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie SSSR* [Physical and Geographical Zoning of the USSR]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1968. 578 p. (in Russian).
- Bondarenko L. V., Maslova O. V., Belkina A. V., Sukhareva K. V. Global climate changing and its after-effects. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 2018, no. 2, pp. 84–93 (in Russian).
- Varshavsky S. N. Age types and the history of settlement of the small souslik. In: *Issledovaniia geografii prirodnikh 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., Krylova K. T. Ecological features of the small souslik population (*Citellus pygmaeus* Pall.) in different periods of life. *Zoologicheskii zhurnal*, 1939, vol. 18, iss. 6, pp. 1026–1047 (in Russian).
- Vinogradov B. V., Lebedev V. V., Kulik K. N., Kaptsova A. N. Measurement of the ecological trend of desertification by repeated erocosmic images. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1985, vol. 285, no. 5, pp. 1269–1272 (in Russian).
- Dmitriev A. I. *Evolutsiia melkikh mlekopitaiushchikh aridnoi zony* [Evolution of Small Mammals in the Arid Zone]. Nizhny Novgorod, Izdatel'stvo Nizhegorodskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, 2004. 251 p. (in Russian).
- Dyatlov A. I., Grizhebovsky G. M., Efremenko V. I., Mezentsev V. M. Ecological and epidemiological consequences of anthropogenic transformation of landscapes and some emergencies in the North Caucasus. *Quarantine and Zoonotic Infections in Kazakhstan (Almaty)*, 2001, iss. 4, pp. 128–133 (in Russian).
- Zolotokrylin A. N., Titkova T. B., Cherenkova E. A., Vinogradova V. V. Moisture trends and biophysical parameters of arid lands in the European part of Russia for the period 2000–2014. *Current Issues of Remote Sensing of the Earth From Space*, 2015, vol. 12, no. 2, pp. 155–161 (in Russian).
- Isachenko A. G. *Ekologicheskaya geografiya Rossii* [Ecological Geography of Russia]. Saint Petersburg, Izdatel'stvo Sankt-Petersburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2001. 327 p. (in Russian).
- Kattsov V. M., Shkol'nik I. M., Efimov S. V. Prospective assessments of climate change in regions of Russia: Detailing in physical and probability spaces. *Meteorology and Hydrology*, 2017, no. 7, pp. 68–80 (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).

Lavrovsky A. A. *Changes in Landscapes and Faunistic Complexes on the Coast of the Caspian Sea in Connection With its Regression and the Impact of These Changes on Natural Foci of Plague*. Thesis Diss. Cand. Sci. (Biol.). Saratov, 1966. 46 p. (in Russian).

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>

Magomedov M.-R. D. Sexual structure of the population of some hibernating species of rodents. *Ekologiya*, 1987, no. 2, pp. 13–20 (in Russian).

Matrosov A. N., Kuznetsov A. A., Sludsky A. A., Popov N. V., Kozlova T. A., Golosovsky S. M., Manzhieva V. S., Kim T. S., Sintsov V. K., Yerofeyev A. V. Ecological peculiarities and epizootologic significance of social voles in the Caspian sandy plague focus. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2003, no. 2, pp. 147–157 (in Russian).

Matrosov A. N., Sintsov V. K., Mandzhieva V. S., Golosovsky S. M., Kim T. S., Leshchuk V. A., Kuznetsov A. A., Porshakov A. M., Yakovlev S. A., Udovikov A. I., Leinert A. Yu., Chekashov V. N., Shilov M. M., Sharova I. N., Kuklev V. E., Kazorina E. V., Grazhdanov A. K., Lopatin A. A., Skalenko S. Yu., Knyazeva T. V., Troitskaya A. A., Davydova T. P., Agapov B. L., Kabin V. V., Sandzhiev D. N., Yashkulov K. B., Khalidov A. Kh., Khasaev S. M., Bammatov D. M., Popov N. V., Kutyrev V. V. Factors that predetermined activation of plague epizooties in the Pre-Caspian Sandy natural focus in 2014. *Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2015, no. 4, pp. 30–35 (in Russian).

Okulova N. M. Prospects for the development of the doctrine of the long-term dynamics of animal numbers. In: *Mnogoletniaia dinamika populiatsii zhivotnykh i rastenii na OOPT i soprodel'nykh territoriiakh po materialam statsionarnykh i tematicheskikh nabludenii: materialy konferentsii* [Long-term Dynamics of Animal and Plant Populations in the Protected Areas and Adjacent Territories Based on Stationary and Thematic Observations: Proceedings of the Conference]. Cherepovets, Port-April Publ., 2005, pp. 76–78 (in Russian).

Okulova N. M. Experience in studying long-term dynamics of the number of mammals. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2009, no. 2 pp. 125–136 (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).

Omarov K. Z. The structure of populations and communities of small mammals in the steppe ecosystems of the Northwestern Caspian sea region and Eastern Mongolia. *Arid Ecosystems*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 36–41 (in Russian).

Popov N. V., Survillo A. V., Knyazeva T. V., Varshavsky B. S., Podsvirov A. V., Sandzhiev V. B.-Kh., Yakovlev S. A. Biocenotic consequences of anthropogenic transformation of Black Lands landscapes. In: *Biota i prirodnaia sreda Kalmykii* [Biota and Natural Environment of Kalmykia]. Moscow, Elista, Korkis Publ., 1995, pp. 211–221 (in Russian).

Popov N. V., Sandzhiev V. B., Sangadzhieva G. V., Udovikov A. I., Yakovlev S. A., Karavaeva T. B., Podsvirov A. V., Kutyrev V. V. The impact of the present-day climate warming upon the evolution of the new inter-epidemic period in the Pre-Caspian North-Western steppe natural plague focus. *Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2008, no. 1, pp. 31–34 (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., Bammatorov 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 Souslik (*Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778, Rodentia) in the Caspian Sea Region and Ciscaucasia]. Saratov, Amirit Publ., 2016. 236 p. (in Russian).

Popov N. V., Udovikov A. I., Eroshenko G. A., Karavaeva T. B., Yakovlev S. A., Porshakov A. M., Zenkevich E. S., Kutyrev V. V. Effect of the Caspian Sea level oscillations on the epizootic activity of the Precaspian sandy natural plague focus. *Medical Parasitology and Parasitic Diseases*, 2016, no. 1 pp. 12–17 (in Russian).

Popov N. V., Yakovlev S. A., Lidzhi-Garyaeva G. V., Matrosov A. N., Sludsky A. A., Badmaev T. V., Sandzhiev 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>

Tikhomirov E. L. Some features of plague enzootia in the Caspian Northwest (Caspian sandy) hearth. In: *Prirodnaya ochagovost', mikrobiologiya i profilaktika zoonozov* [Natural Foci, Microbiology and Prevention of Zoonoses]. Saratov, All-Union Scientific Research Anti-Plague Institute "Mikrob" Publ., 1989, pp. 16–22 (in Russian).

Udovikov A. I., Matrosov A. N., Yakovlev S. A., Popov N. V. The trends in long-term dynamics of the number and distribution of the small souslik in natural foci of plague in the 20th century. *Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2005, no. 1, pp. 33–37 (in Russian).

Cherenkova E. A. *Changes in Atmospheric Precipitation on the East European Plain and Their Connection With Long-period Climate Fluctuations in the North Atlantic*. Thesis Diss. Dr. Sci. (Geogr.). Moscow, 2019. 45 p. (in Russian).

Shilova S. A., Savinezkaya L. E., Neronov V. V. Dynamics of abundance and biomass of the little Ground Squirrel (*Spermophilus pygmaeus* Pall., 1778) in pastures ecosystems of Kalmykia for the 28-years period. *Arid Ecosystems*, 2009, vol. 15, no. 2, pp. 28–38 (in Russian).

Kirilyuk V. E. Influence of climate change on vegetation and wildlife in the Daurian Ecoregion. Eurasian steppes. In: *Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World*. Dordrecht, Springer, 2012, pp. 397–424.

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.

Campos M., Warren R., Birkmann J., Luber G., O'Neill B., Takahashi K. Emergent risks and key vulnerabilities. In: C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, L. L. White, eds. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press, 2014, pp. 1039–1099.

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>

Pacifici M., Visconti P., Rondinini C. A framework for the identification of hotspots of climate change risk for mammals. *Global Change Biology*, 2018, vol. 24, iss. 4, pp. 1626–1636. <https://doi.org/10.1111/gcb.13942>

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Popov N. V., Yakovlev S. A., Lidzhi-Garyaeva G. V., Matrosov A. N., Sludsky A. A., Badmaev T. V., Sanjiev B.-Kh., Magerramov Sh. V., Karaeva T. B. Influence of modern climate warming on the terms of basic phenological phases in the population of *Spermophilus pygmaeus* Pallas, 1778 (Rodentia, Mammalia) on the territory of the Yergenin uplands. *Biology Bulletin*, 2020, vol. 47, iss. 10, pp. 1398–1403. <https://doi.org/10.1134/S106235902010018>

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 B: Biological Sciences*, 2013, vol. 368, iss. 1624, article number 20120480. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0480>

Turbill C., Prior S. Thermal climate linked variation in annual survival rate of hibernating rodents: Shorter winter dormancy and lower survival in warmer climates. *Functional Ecology*, 2015, vol. 30, iss. 8, pp. 1366–1372.

Van Vuren D., Armitage K. B. Duration of snow cover and its influence on life-history variation in yellow-bellied marmots. *Canadian Journal of Zoology*, 1991, vol. 69, iss. 7, pp. 1755–1758.