

А.Н. Заканова¹, Н.Т. Ержанов¹, Ю.Н. Литвинов², З.М. Сергазинова¹¹Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан²Институт систематики и экологии животных РАН, Новосибирск, Россия

*Автор для корреспонденции: assel.biology@gmail.com

Влияние промышленного загрязнения на структуру популяций животных Северного Казахстана

Аннотация. Исследование проводилось в весенне-летний период 2021 года на территории Павлодарской области. Изучены численность популяций, половая и возрастная принадлежность мелких млекопитающих. Использовались дилки Геро и ловчие канавки с конусами на техногенной территории вблизи Павлодарского алюминиевого и Казахстанского электролизного заводов. Исследованы 173 животных: на фоновых участках – 104, на техногенных территориях – 69. Животные принадлежат к 15 видам двух отрядов: Грызуны и Насекомоядные. В результате исследований отмечено уменьшение видового богатства ($<0,695$) и видоразнообразия ($<0,228$), доминирование узкоочеренной полевки (42) и степной мышовки (26,1) на участках, подверженных антропогенной нагрузке. У степной мышовки и узкоочеренной полевки увеличивается количество самцов, участвующих в размножении на территориях вблизи заводов (67%), по сравнению с контрольной (33%). На контрольных участках самок половозрелых особей было меньше (42%), чем на техногенных (58%). Плодовитость самок (число эмбрионов) ниже на контрольном участке ($\pm 5,28$) по сравнению с техногенной зоной ($\pm 6,1$).

Ключевые слова: млекопитающие, видоразнообразие, выровненность, видовое богатство, промышленные выбросы.

DOI: 10.32523/2616-7034-2022-139-2-15-28

Введение

Выбросы от транспорта, заводов, сельского хозяйства, теплоэлектростанций окружают человечество, животный и растительный мир повсеместно. В современном мире в наше время происходит смещение приоритетов в вопросе развития промышленных и сельскохозяйственных сфер. Возрастает деятельность международных организаций по защите окружающей среды. Ориентир постепенно фокусируется с экономического аспекта на природоохранный. Поэтому вопросы мониторинга и сохранности окружающей среды наиболее актуальны в регионах с активно развивающимся производством. В Павлодарской области на северо-востоке Казахстана располагаются главные промышленные объекты, решающие экономику региона. Это получение угля, выпуск ферросплавов, производство алюминия, выработка электроэнергии [1,2]. В Павлодарском регионе расположены АО «Алюминий Казахстана», ТОО «Павлодарский нефтехимический завод», ПФ ТОО «Кастинг», АО «Павлодарэнерго», АО «Казахстанский электролизный завод», ПФ ТОО «KSP Steel» и другие производства.

Исследователями [3,4,5] было доказано влияние эмиссий промышленности на загрязнение атмосферы, почвы и, как следствие, растений и животных.

В природных условиях на выраженность ответа отдельных компонентов биоты на токсическое воздействие может повлиять множество факторов. В первую очередь абиотический фактор: физико-химические, почвенно-климатические состояния локальной среды, пространственная мозаичность территории. Биотический компонент также является важным фактором: особенности пищевого рациона, длина пищевых цепей, устойчивость сообществ, миграционные пути и особенности [6].

Выбросы поступают в организм через вдыхаемый воздух у наземных животных или через устьица у растений. Водные обитатели поглощают загрязнители путем фильтрации воды. Поллютанты могут попадать во внутреннюю среду через почву у растений или через цепи выедания: путем поглощения растительной пищи у консументов первого порядка и через связь жертва-хищник у плотоядных животных. Имеются исследования, показывающие более значимую роль поступления эмиссии через пищевые отношения между компонентами биоты, чем через дыхательные пути [7,8]. David I. G., Singh R. и др. продемонстрировали в своем исследовании зависимость между количеством тяжелых металлов в растительности и растительноядными организмами [9,10].

Еще с прошлого столетия проводились исследования, так, Герц и соавторы сделали вывод, что некоторые мелкие млекопитающие, проживавшие близ автомагистралей, не имели отличий от животных контрольных групп в содержании свинца. Однако у других при возрастании техногенного загрязнения появлялась корреляционная зависимость в уровне свинца в организме [11]. Наблюдается неравномерность при проявлении накопления тяжелых металлов у организмов разных видов. Это можно объяснить различными типами питания и экологии животных. Животные, питающиеся зелеными надземными частями растений (например, полевки рода *Microtus*), подвергаются более высоким влияниям аэрогенных выбросов промышленности, чем типичные зерноядные виды (например, лесные мыши). Животные, имеющие смешанный рацион, например, рыжие и красные полевки питаются насекомыми и ветками, проявляют промежуточную степень накопления.

В современной литературе хорошо описано воздействие тяжелых металлов на организмы лабораторных животных в качестве модельных объектов [12,13]. Поэтому в нашем исследовании стал вопрос: как промышленное загрязнение влияет на мелких животных (микромаммалий) на популяционном уровне в Северном Казахстане?

Выделения от деятельности промышленных предприятий, попадая в биотический компонент экосистем, в первую очередь вызывают физиологические и биохимические нарушения на клеточном и тканевом уровнях [12,13,14] и, мы предполагаем, влияют и на популяционный и биоценотический уровни.

Пространственно-функциональная структура популяции важна при описании ответной реакции на негативное антропогенное воздействие. Отдельные компоненты популяций по-разному реагируют на действие поллютантов и, как следствие, могут присутствовать разное соотношение в численности самок и самцов, возрастное доминирование, плодовитость особей.

Рассматривая мелких млекопитающих, в частности грызунов, важно понимать, что нельзя определить конкретный пороговый уровень присутствия элементов в организме. Считается, что пороговый уровень свинца в крови человека не должен превышать 10 мкг/100 мл. Первичным признаком интоксикации является повышение эритроцитарной аминолевулинатдегидрогеназы. При показателях выше 50 мкг/100 мл начинается анемия [15]. Однако не у всех индивидуумов наблюдается такая картина, некоторые могут не обнаруживать у себя признаки анемии при этом уровне свинца, а некоторые будут страдать еще при меньших показателях. В экотоксикологии берется за критический пороговый уровень присутствия загрязнителей в организме, значение при котором наблюдаются первые признаки, влияющие на популяцию в целом. Это влияние на способность к размножению и рождению новых особей и выживаемость животных [16]. Еще в прошлом столетии был найдено пороговое значение ртути и свинца. Это 8-1,0 мкг/100 мл и 20-40 мкг / 100 мл [17,18].

Следующим фактором, влияющим на концентрацию токсикантов в организме, являются возрастные особенности животных. Влияние промышленных производств на содержание тяжелых металлов в организмах млекопитающих в зависимости от возрастной динамики популяций являлось предметом многих исследований. Микромаммалии в естественной среде

обитания условно группируют по возрастному признаку на неполовозрелых и половозрелых сеголеток и перезимовавших особей [19]. Мухачева С.В., Безель С.В. и др. приводят данные о наибольшем относительно контроля присутствии свинца и кадмия у полевок на втором году жизни [19]. При проведении лабораторных исследований на модельных животных обнаружены высокие концентрации токсических элементов, особенно радиоактивных изотопов, в соединительной ткани животных (скелет). Животные в лабораторных условиях подвержены на протяжении всего постнатального периода действию токсикантов в отличие от организмов, проживающих в естественных условиях обитания. Неполовозрелые сеголетки уже рождаются с наличием загрязнителей в организмах. Об этом свидетельствуют низкая оссификация и сведения о проницаемости плаценты для большого количества загрязняющих веществ. Однако показатель токсикантов далек от показателей организма матери. В скелете новорожденных лабораторных крыс (*Rattus*) содержание стронция 90, что в 4-10 раза уступает показателям материнского организма [20]. Похожие данные были получены и по другим элементам. В исследованиях Барановской Н., Бебяновской А. приводятся данные об увеличении тяжелых металлов в половой системе у мелких млекопитающих с возрастом и с высокими концентрациями в рационе питания [21].

Помимо рациона и возраста животного имеет значения половая принадлежность. Это связано с различием в метаболизме и экологии самок и самцов млекопитающих (суточная активность, участие в размножении, размер места обитания) и, следовательно, с количеством потребляемой пищи. Так, у красных полевок (*Arborimus longicaudus*) в скелетах содержание свинца превышает у самцов. У зверьков мужского пола потребление пищи на 30-40% выше, чем у женских организмов [22].

Как и возрастной критерий, различия в половой принадлежности проявляются тем выше, чем выше уровень техногенной нагрузки на экосистему.

Методы

Материал был получен в результате полевых работ на территории Павлодарской области (Северный Казахстан). Исследование проводилось в 2021 году в весенне-летний период. Особенностью географии Павлодарского региона является разделение на две зоны: северо-восточная равнина и юго-западные мелкие сопки. Северо-восточная равнина пересекается озерными котловинами и небольшими холмами. На юго-восточной части области присутствует рельеф, образованный деятельностью ветра и пыли. Абсолютная высота в данных местностях достигает 100-150 метров над уровнем моря. Вместе эти зоны образуют Прииртышскую равнину. Казахстанский мелкосопочник на юго-востоке поднимается на 200-250 до 300-350 метров над уровнем моря.

Павлодарская область характеризуется постоянными ветрами: 95% дней в году со средней скоростью 4-5 метров в секунду. Климатические условия стабильны, среднегодовая температура изменяется на 0,5 °C на севере до 2 °C на юге области. Температура зимой стабильно минусовая, с самыми холодными месяцами: январь и февраль. Среднемесячная температура зимой 13-19 °C. Среднегодовая относительная влажность воздуха 73% в лесостепи и 72% в степи. Осадки преобладают в северо-восточном регионе: годовое значение равно 380-440 мм. В степной зоне 326-350 мм в год и лесостепной части 400 мм.

Область делится на три климатических зоны: умеренно-засушливая, засушливая, сухая. Водные источники: река Иртыш и мелкие реки и ручейки в весенний период и озера. Летом большая часть ручьев, имеющих снеговое питание, пересыхает. Крупных озер выше 1 км² насчитывается 422. Озера с пресной водой преобладают в северной части и пойме Иртыша [23].

Методы оценки численности и анализа видового состава мелких млекопитающих классифицируют как относительные и абсолютные. Методы относительного учета повсеместно

используются при экологических исследованиях. Результаты исследований дают информацию о численности, половой и возрастной структуре популяций, биотопическом распределении [24]. Климатическое и географическое положения Северного Казахстана предполагает успешное использование метода учетных линий при помощи давилок Геро, ловчих канавок с цилиндрами или конусами [25]. Метод учетных линий применяется в биотопах с разными видами мелких млекопитающих, например, рыжих и узкочерепных полевых, джунгарских хомячков. Метод ловчих канавок используется при подсчете животных, которые не используют норы, например, землеройки и мышовки [26].

При применении давилок располагаются учетные линии количеством кратному 25 (например, 25, 50, 100). Давилки находятся на дистанции до 1 м от стороны линии. В зоне одной среды обитания четные линии находятся на удаленности до 150-200 м друг от друга. Количество учетных линий зависит от численности животных: чем плотность ниже, тем количество линий выше. Учетные линии содержат от 2% изучаемого участка [27]. Величина плашки давилки должна соответствовать размеру животных. Для грызунов и насекомоядных, обитающих в техногенной зоне Северного Казахстана, отвечают давилки размером 6 x 13 см. Материал плашки лучше использовать деревянный или дюралевый, т.к. в регионе резко-континентальный климат. Для ловушки используются приманки из корочки хлеба, кусочка пенопласта или поролона, пропитанные нерафинированным растительным маслом. Ловушки Геро располагаются в местности после обеда и проверяются в первой половине дня. Сбор животных следует проводить как можно раньше во избежание порчи биоматериала.

В Северном Казахстане резко-континентальный климат, поэтому применение давилок бывает часто затруднено из-за осадков. Поэтому помимо ловушек Геро, в нашем полевом исследовании мы использовали ловчие канавки с конусами. Разработал методику учета цилиндрами Деливрон и впервые данный способ был использован Снегиревской Е.М. на территории Башкирского заповедника [28]. В последнее время методика использовалась и дорабатывалась такими исследователями, как Калинин А.А. и другие [29,30].

Для построения ловчей канавки выкапывалась траншея длиной 50 м, глубиной и шириной по 25 см. Для учета грызунов и насекомоядных животных в каждую траншею размещаются по 5 конусов диаметром 25 см и высотой от 50 см. Края конусов совпадают с дном траншеи. Конусы размещаются в 5 метрах от начала и конца траншеи и в 10 метрах от друг друга. Для выживания животного в дне конуса проделывают отверстия для стока воды.

Учетные линии в нашем исследовании размещались на нескольких участках вокруг Kazakhstan Aluminium Smelter (КЭЗ) и Aluminum of Kazakhstan (ПАЗ). Ближайшим к городу является ПАЗ, располагается на удаленности 2 км от города к востоку, электролизный завод находится на удалении 12 км от населенного пункта на юго-восток. Два завода расположены достаточно близко: на расстоянии 9-10 км.

На каждой из зон выставлялись по две учетных линий с давилками и выкапывались по две ловчие канавки с цилиндрами согласно Таблице 1. Таким образом, в техногенной зоне располагались 6 учетных линий с давилками и 6 ловчих канавок.

Таблица 1

Использование давилок и ловчих канавок в районе Kazakhstan Aluminium Smelter (КЭЗ) и Aluminum of Kazakhstan (ПАЗ)

Территория	Использование давилок	Использование ловчих канавок
Импактная зона	ИД1 (ПАЗ), ИД2 (КЭЗ)	ИЛ1 (ПАЗ), ИЛ2 (КЭЗ)
Буферная зона	БД1 (ПАЗ), БД2 (КЭЗ)	БЛ1 (ПАЗ), БЛ2 (КЭЗ)
Фоновая зона	ФД1 (ПАЗ), ФД2 (КЭЗ)	ФЛ1 (ПАЗ), ФЛ2 (КЭЗ)

Во время полевых работ в весенне-летний период 2021 года было освоено 1200 конусо-суток и 6000 давилко-суток в районе двух заводов. В контрольной зоне было проработано 1200 конусо-суток и 6000 давилко-суток согласно Таблице 2. Всего было отловлено 173 особи млекопитающих.

Таблица 2

Количество учетных линий в техногенной зоне

Количество	Дни	Учетные линии	Конусы/давилки
Конусо-сутки в техногенной зоне	40	6	5
Давилко-сутки в техногенной зоне	40	6	25
Конусо-сутки в контрольной зоне	40	6	5
Давилко-сутки в контрольной зоне	40	6	25

Роль индивидуального организма в воспроизводстве разных возрастных групп оценивалась по нескольким критериям: состояние генеративных органов, наличие множественных плодов в матке самки, масса и объем внутренних половых структур самцов, численность плацентарных пятен и желтых тел беременности. По состоянию генеративных органов всех млекопитающих поделили на две функциональные группы: размножающиеся (половозрелые сеголетки и перезимовавшие особи) и не участвующие в размножении (неполовозрелые сеголетки).

Результаты

На прилегающих территориях производств и контрольного участка повсеместно распространены мелкие млекопитающие. В большей части они представлены животными отрядов млекопитающих: грызуны (*Rodentia*) и насекомоядные (*Eulipotyphla*). Распределение и количественные характеристики двух отрядов на техногенной территории и контрольной отличаются. Полный видовой состав животных представлен в таблице 3.

Таблица 3

Компоненты биоразнообразия: число отловленных особей в техногенных зонах и контрольной (в числителе количество особей, особь, в знаменателе обилие особей за 10 сут. лова)

Отряд	Вид	Кол-во в техногенной зоне	Индекс доминирования по Балогу (1958)	Кол-во в контрольной зоне	Индекс доминирования по Балогу (1958)
<i>Rodentia</i>	<i>Microtus levis</i> Miller, 1908	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{1}{0,01}$	0,96
<i>Rodentia</i>	<i>Phodopus sungorus</i> Pallas, 1773	$\frac{3}{0,043}$	4,35	$\frac{2}{0,019}$	1,92
<i>Rodentia</i>	<i>Apodemus uralensis</i> Pall., 1811	$\frac{2}{0,029}$	2,9	$\frac{0}{0}$	0

<i>Rodentia</i>	<i>Micromys minutus</i> Pall., 1771	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{2}{0,019}$	1,92
<i>Rodentia</i>	<i>M. arvalis</i> Pall., 1779	$\frac{5}{0,072}$	7,25	$\frac{9}{0,086}$	8,65
<i>Rodentia</i>	<i>Ellobius talpinus</i> Pall., 1770	$\frac{1}{0,014}$	1,45	$\frac{3}{0,029}$	2,88
<i>Rodentia</i>	<i>Apodemus agrarius</i> Pall., 1771	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{2}{0,019}$	1,92
<i>Rodentia</i>	<i>Microtus oeconomus</i> Pall., 1776	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{3}{0,029}$	2,88
<i>Rodentia</i>	<i>Sicista subtilis</i> Pall., 1773	$\frac{18}{0,261}$	26,1	$\frac{5}{0,048}$	4,81
<i>Rodentia</i>	<i>Lagurus lagurus</i> Pall., 1773	$\frac{3}{0,043}$	4,35	$\frac{7}{0,067}$	6,73
<i>Rodentia</i>	<i>Mictotus gregalis</i> Pal., 1779	$\frac{29}{0,42}$	42	$\frac{49}{0,471}$	47,12
<i>Insectivora</i>	<i>Crocidura suaveolens</i> Pall., 1811	$\frac{1}{0,014}$	1,45	$\frac{0}{0}$	0
<i>Insectivora</i>	<i>Sorex Minitus</i> L., 1766	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{5}{0,048}$	4,81
<i>Insectivora</i>	<i>Sorex araneus</i> L., 1758	$\frac{0}{0}$	0	$\frac{2}{0,019}$	1,92
<i>Insectivores</i>	<i>Sorex tundrensis</i> Merriam., 1900	$\frac{7}{0,101}$	10,14	$\frac{14}{135}$	13,46
	Σ	69		104	
	Видоразнообразие, $-\sum_{i=1}^k (p_i * \ln(p_i))$	1.635		1.863	
	Выровненность, e $\frac{\sum_{i=1}^k (p_i * \ln(p_i))}{S}$	0.57		0.49	
	Видовое богатство, $\frac{S-1}{\ln N}$	1,889		2.584	

Суммарное обилие мелких млекопитающих, отловленных на техногенной территории (39,9%) значительно меньше, чем на контрольной зоне (60,1%).

Видовой состав в контрольной территории и техногенной практически идентичен, однако есть различия в числовом значении. На территориях рядом с заводами за период исследования было обнаружено 9 видов животных, в контрольной зоне 13 видов. Всего было отмечено 15 видов мелких млекопитающих.

Вблизи заводов мы могли наблюдать увеличение количества особей степной мышовки (26,1 и.д.). Из таблицы 4 мы видим, что наибольшим индексом обилия особей в отлове на всех участках имеет узкочерепная полевка. Обилие видов отражено на рисунке «Ранг/обилие», где виды упорядочены на оси абсцисс. Ось ординат представляет обилие видов (число особей).

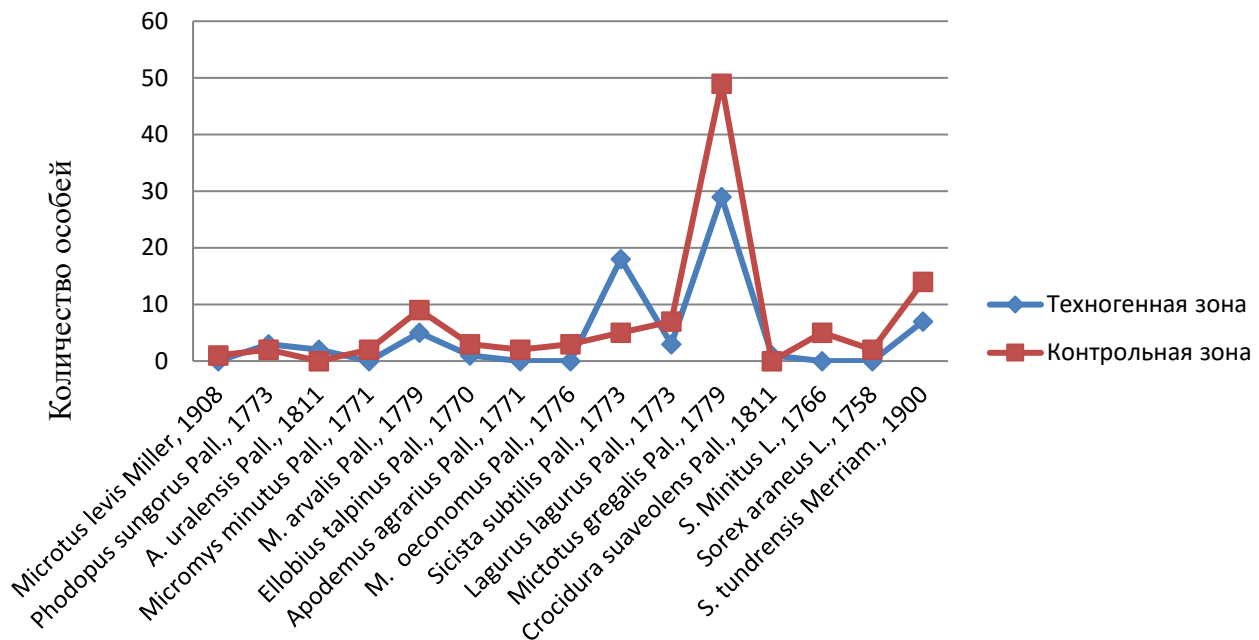


Рисунок 1. Соотношение ранг/обилие видов мелких млекопитающих

Абсолютным доминантом на всех участках является узкочерепная полевка. Однако ее роль в сообществе мелких млекопитающих ниже на территории рядом с заводами (и.д. 42), чем на контрольной территории (и.д. 47,12).

Индекс Маргалефа, принимающий максимальное значение при $S=N$ и показывающий видовое богатство, в контрольной зоне (2,584) выше, чем на участках с антропогенным влиянием (1,889).

Биоразнообразие сообществ определялось при помощи индекса Симпсона. На всех исследуемых участках он был равен 0,25. Таким образом, вероятность межвидовых встреч на обеих зонах примерно равна.

Для оценки распределения видовых обилий мы использовали индекс полидоминантности Симпсона (S_{λ}). На всех территориях значение практически равно: в контрольном участке - 3,956, на исследуемом участке - 3,93. Чем ближе значение S_{λ} к числу видов S , тем выше разнообразие. Можно сделать вывод, что распределение мелких млекопитающих на участках, подвергающихся антропогенной нагрузке, и контрольном одинаково и имеет достаточно низкое разнообразие.

При оценке двух сообществ по видоразнообразию мы использовали индекс Шеннона. Обычно значение варьируется от 1,5 до 3,5. Как мы видим, на территории с техногенной нагрузкой, значение едва превалярировало за минимальное стандартное значение (1,635). Обычно сообщества, проживающие в экстремальных условиях с высокой нагрузкой, становятся монодоминантными, что мы можем наблюдать участках в районе заводов. На основе индекса Шеннона была определена выровненность E (индекс Пиела/ Buzas and Gibson's Index). Обычно индекс Пиела используют для обозначения равномерного распределения видов по их количеству. Результаты показали, что выровненность (e) долевого участия видов на техногенной территории немного выше, чем на контрольном участке.

Результаты репродуктивного анализа показали, что количество самцов, участвующих в размножении на территориях вблизи заводов, выше (67%), чем на контрольной (33%). Похожая ситуация наблюдалась и у самок: на контрольных участках половозрелых особей было меньше (42%), чем на техногенных (58%). Плодовитость самок (число эмбрионов) была ниже также на контрольном участке ($\pm 5,28$) по сравнению с техногенной зоной ($\pm 6,1$).

Обсуждение

Был изучен видовой состав, доленое участие и относительное обилие видов мелких млекопитающих техногенных и фоновых территорий. Число видов отличалось незначительно, однако видовой состав был неодинаков. Различия обусловлены ущербом, нанесенным освоением целинных и залежных земель. Всего за годы целины было распаханно от 25,5 до 41,8 млн. га уникальных ковыльно-типчаковых степей. В результате сократилась площадь степного биотопа, изменилась численность и распространение многих видов сусликов, особенно большого, а также степного сурка байбака [31]. Нарушена естественная среда обитания из-за строительства крупных промышленных объектов, наличие автомагистралей привело к постепенной деградации биотопов Северного Казахстана.

Узкочерепная полевка в Казахстане является серьезным вредителем. Доминирование узкочерепной полевки на двух территориях можно объяснить интенсивным возделыванием зерновых культур в Северном Казахстане.

В техногенной зоне достаточно хорошо распространена степная мышовка. Ареал ее обитания - зоны степей и полупустынь. Следует отметить, что степная мышовка комфортно чувствует себя в малодожливых условиях и при высоких температурах [32]. Можно сделать вывод, что экологические факторы повлияли на распространение данного вида. Глобальное потепление воздуха в XXI веке достигло максимума за последние 120 лет наблюдений. За последние годы относительные отклонения от нормы температуры воздуха плавно возрастали с 0,17 до 0,64 градуса. Поэтому можно говорить о явлении постепенного уменьшения влажности и снижения продуктивности экосистем всей территории Северного полушария, в том числе и Казахстана [33].

Более высокие показатели плодовитости и рождаемости в техногенных территориях по сравнению с контрольными свидетельствуют об адаптации популяции к экстремальным условиям среды (загрязнение воздуха поллютантами). Обычно в популяциях высокая рождаемость свидетельствует о включении эколого-физиологических и поведенческих компенсаторных механизмов как ответа на внешнее негативное воздействие [33].

Заключение

Независимо от влияния антропогенного фактора, у всех групп мелких млекопитающих наблюдаются сезонные смены поколений, возрастные и половые отличия, наличие функциональной классификации животных. Микромамалии можно разделить на перезимовавших размножающихся, неразмножающихся сеголеток, появившихся в осенний период, размножающихся сеголеток. Зимующие организмы подвергаются наибольшей эмиссии.

Экологический анализ популяций мелких млекопитающих позволяет заключить, что в зонах, подверженных загрязнению поллютантов, наблюдается уменьшение видового богатства ($< 0,695$) и видоразнообразия ($< 0,228$), доминирование узкочерепной полевки (42) и степной мышовки (26,1). В результате совокупности антропогенной нагрузки и глобальных климатических изменений происходит трансформация биоценозов, что отражается на видовом составе и индексе доминирования отдельных хорошо приспособившихся видов. Сообщества млекопитающих трансформируются: появляются типичные виды «антропогенных» ландшафтов

(узкочерепная полевка). Популяции мелких млекопитающих техногенных зон отвечают на негативное воздействие дополнительной элиминацией и, как следствие, интенсивным производством новых особей, что позволяет видам поддерживать нормальное взаимодействие внутри популяций.

Токсическое воздействие выбросов заводов создает негативные условия и одновременно положительную обстановку для быстрого летнего восстановления численности популяций. Такая адаптация приводит к низкой выровненности на участках с антропогенной нагрузкой за счет сеголеток. Поэтому мы можем утверждать, что на территориях, подверженных загрязнению, наиболее успешно акклиматизировались и приспособились виды популяций узкочерепной полевки и степной мышовки.

Список литературы

1. Ахметова З.Б., Кайыржан С. Влияние производства на экологию Павлодарской области // Актуальные тренды в экономике и финансах: Материалы международной научно-практической конференции. – Омск, 2019. – С. 258-264.
2. Сагинтаев Б. Павлодарская область: на волне перемен // Экономика: стратегия и практика. – 2009. – № 1. – С. 48-50.
3. Bloomberg G.R. The influence of environment, as represented by diet and air pollution, upon incidence and prevalence of wheezing illnesses in young children // Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology. – 2011. – Vol. 11, № 2. – P. 144-149. DOI: 10.1097/ACI.0b013e3283445950.
4. Mudd J. B. (ed.). Responses of plants to air pollution. – Elsevier, 2012. – P. 161.
5. Коряков А.Е., Шишкина А.А., Шишкина П.А. Воздействие предприятий металлургической промышленности на почву и пути его снижения // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2019. – №9. – С. 371-375.
6. Ермолов Ю.В. Особенности аккумуляции химических элементов в биогеохимической пищевой цепи северной части Норильского плато // Геохимия. – 2020. – Т. 65. – №. 5. – С. 499-510.
7. Фадеева Н.С. Тяжелые металлы в окружающей среде // VII Всероссийская культурологическая конференция "Лихачёвские чтения". – Казань, 2016. – С. 205-207.
8. Смоленцева Е.Е., Бобкова Н.Г., Швец Н.И. Некоторые пути поступления экотоксикантов в пищевые цепи северных регионов России // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. – Тюмень, 2019. – С. 58-62.
9. David I.G. Food chain biomagnification of heavy metals in samples from the Lower Prut Floodplain Natural Park // Environ Eng Manag J. – 2012. – Vol. 11. – №. 1. – P. 69-73.
10. Singh R. Heavy metals and living systems: An overview // Indian journal of pharmacology. – 2011. – Vol. 43. – №. 3. – P. 246.
11. Martiniaková M. Accumulation of Lead, Cadmium, Nickel, Iron, Copper, and Zinc in Bones of Small Mammals from Polluted Areas in Slovakia // Polish Journal of Environmental Studies. – 2012. – Vol. 21. – №. 1. – P. 153-158.
12. Shvets L. The dynamics of changes in morphometric indices of nephrons in white rats and white mice under the influence of the man-made pollutants // Curierul Medical. – 2013. – Vol. 56. – №. 2. – P. 62-67.
13. Essa Z., Hassan A.M. The effect of bismuth chloride on some blood and biochemical parameters in male laboratory rats (Rattus- Rattus) // Basrah Journal of Veterinary Research. – 2013. – Vol. 12. – №. 1. – P. 191-200.
14. Tersago K. Immunotoxicology in wood mice along a heavy metal pollution gradient // Environmental Pollution. – 2004. – Vol. 132. – №. 3. – P. 385-394.
15. Рыспекова Н.Н. Роль тяжелых металлов в развитии анемий (обзор литературы) // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2013. – №. 3 (2). – С. 46-51.

16. Мухачева С.В., Безель В.С. Тяжелые металлы в системе мать–плацента–плод у рыжей полевки в условиях загрязнения среды выбросами медеплавильного комбината // *Экология*. – 2015. – №. 6. – С. 444-444.
17. Gan Y. Source quantification and potential risk of mercury, cadmium, arsenic, lead, and chromium in farmland soils of Yellow River Delta // *Journal of cleaner production*. – 2019. – Vol. 221. – P. 98-107.
18. Kuno R. Reference values for lead, cadmium and mercury in the blood of adults from the metropolitan area of Sao Paulo, Brazil // *International journal of hygiene and environmental health*. – 2013. – Vol. 216. – №. 3. – P. 243-249.
19. Mukhacheva S.V. Geochemical Ecology of Small Mammals at Industrially Polluted Areas: Is There any Effect of Reduction in the Emissions? // *Geochemistry International*. – 2020. – Vol. 58. – №. 8. – P. 959-967.
20. Starichenko V.I. Hereditary component of variation in ⁹⁰Sr deposition in inbred mice under exogenous conditions that affect bone formation // *Applied Radiation and Isotopes*. – 2018. – Vol. 140. – P. 126-132.
21. Baranovskaya N. Chemical composition of the small mammal reproductive system as an indicator of enterprise technogenic impact on the environment // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2016. – Vol. 43. – №. 1. – P. 012045.
22. Москвитина Н.С., Кохонов Е.В. Некоторые показатели состояния животных из разных популяций красной полевки (*Clethrionomys rutilus* Pall.) Горного Алтая // *Вестник Томского государственного университета // Биология*. – 2012. – №. 2 (18). – С. 186-193.
23. Абылхасанов Т.Ж., Ержанов Н.Т., Сергазинова З.М. Экология мелких млекопитающих Павлодарской области // *Вестник ИргСХА*. – 2017. – №. 83. – С. 152-158.
24. Шефтель Б.И. Методы учета численности мелких млекопитающих // *Russian journal of ecosystem ecology*. – 2018. – №. 3. – P. 1-21.
25. Дубровский В.Ю., Симакин Л.В. Сравнительная оценка двух модификаций учета численности мелких млекопитающих цилиндрами // *Зоологический журнал*. – 2012. – Т. 91. – №. 5. – С. 635-635.
26. Левых А.Ю. К вопросу о населении мелких млекопитающих ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник» // *Вестник Тюменского государственного университета*. – 2014. – Т. 12. – С. 92-102.
27. Jung T.S. Comparative efficacy of Longworth, Sherman, and Ugglan live-traps for capturing small mammals in the Nearctic boreal forest // *Mammal Research*. – 2016. – Vol. 61. – №. 1. – P. 57-64.
28. Монахов С.П. Население мелких млекопитающих (по материалам учетов за 2011-2020 года) Башкирского государственного заповедника // *ББК 20.18+ 28.0 А 43*. – 2020. – С. 231.
29. Kalinin A.A. Residence and nonresidence components of the abundance of common species of small mammals according to counts using life-trap lines // *Zool. Zh.* – 2012. – Vol. 91. – №. 6. – P. 759-768.
30. Бутмырин С.В., Яковлев ВВ., Беспятова Л.А. Линия ловушек для отлова мелких млекопитающих с регистрацией времени срабатывания // *Серия Экспериментальная биология*. – 2021. – №. 3. – С. 103-108.
31. Нурушев М.Ж., Байтанаев О.А., Конысбаева Д.Т. Методы сохранения биоразнообразия фауны млекопитающих (Vertebrata, Mammalia) Казахстана // *Биологическое разнообразие азиатских степей: Материалы III международной научной конференции*. – Костанай, 2017. – С. 36-38.
32. Елина Е.Е., Ленёва Е.А. Видовой состав и биотопическая приуроченность мелких млекопитающих в условиях степей Южного Предуралья // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – Т. 10. – №. 9. – С. 2195-2199.

33. Шевлюк Н.Н. Морфофункциональные особенности размножения мелких млекопитающих в условиях урбанизированной среды обитания на примере г. Оренбурга //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 2. – С. 201-203.

А.Н. Заканова¹, Н.Т. Ержанов¹, Ю.Н. Литвинов², З.М. Сергазина¹

¹Торайгыров университеті, Павлодар, Қазақстан

²Ресей Ғылым академиясының Жануарлар систематикасы және экологиясы институты,
Новосибирск, Ресей

Солтүстік Қазақстандағы жануарлар популяциясының құрылымына өнеркәсіптік ластанудың әсері

Аңдатпа. Зерттеу Павлодар облысының аумағында 2021 жылдың көктемгі-жазғы кезеңінде жүргізілді. Популяциялар саны, ұсақ сүтқоректілердің жынысы мен жасы зерттелді. Павлодар алюминий және Қазақстан электролиз зауыттарының маңындағы техногенді аумақта Геро қысқыштары мен конустары бар аңшылық жырашықтар пайдаланылды. Зерттеуге 173 жануар, оның ішінде 104 фондық учаскелердегі және 69 техногендік аумақтардағы сүтқоректілер алынды. Жануарлар кеміргіштер мен жәндікқоректілер отрядтарының 15 түріне жатады. Зерттеу нәтижесінде антропогендік факторлар әсеріне ұшыраған учаскелерде түр байлығының (<0,695) және алуантүрліліктің (<0,228) төмендеуі, *Microtus gregalis* (42) және *Sicista subtilis* (26,1) басым болуы байқалды. *Sicista subtilis* мен *Microtus gregalis* зауыттарға жақын жерлерде көбеюге қатысатын еркек тышқандардың саны (67%) бақылаумен салыстырғанда (33%) артқаны байқалды. Бақылау учаскелерінде ұрғашы жыныстық жағынан жетілген дарақтар техногенді дарақтарға (58%) қарағанда аз (42%) болды. Аналықтардың ұрықтылығы (эмбриондар саны) бақылау учаскесінде ($\pm 5,28$) техногендік аймақпен ($\pm 6,1$) салыстырғанда төмен.

Түйін сөздер: ұсақ сүтқоректілер, өнеркәсіп қалдықтары, алуантүрлілік, түрдің таралуы, түр байлығы.

A.N. Zakanova¹, N.T. Yerzhanov¹, Y.N. Litvinov², Z.M. Sergazina¹

¹Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

²Institute of Systematics and Ecology of Animals RAS, Novosibirsk, Russia

The impact of industrial pollution on the structure of animal populations in Northern Kazakhstan

Abstract. The study was conducted in the spring-summer period of 2021 on the territory of the Pavlodar region. The authors studied the number of populations, sex, and age belonging of small mammals. Gero crushers and trap grooves with cones were used on the technogenic territory near the Pavlodar aluminum and Kazakhstan electrolysis plants. 173 animals were obtained: 104 in the background areas and 69 in technogenic territories. The animals belong to 15 species of two orders: Rodents and Insectivores. As a result of the research, a decrease in species richness (<0.695) and species diversity (<0.228) was noted, the dominance of *Microtus gregalis* (42) and *Sicista subtilis* (26.1) in areas subject to anthropogenic load was noted. The number of males participating in inbreeding in the territories near factories increases in the steppe mouse and narrow-crusted vole (67%), compared with the control (33%). At the control sites, there were fewer mature females (42%) than at the technogenic ones (58%). The fecundity of females (the number of embryos) is lower in the control area (± 5.28) compared to the technogenic zone (± 6.1).

Keywords: small mammals, industrial emissions, species diversity, alignment, species richness.

References

1. Ahmetova Z.B., Kajyrzhan S. Vliyanie proizvodstva na ekologiyu Pavlodarskoj oblasti [The impact of production on the ecology of the Pavlodar region], Aktual'nye trendy v ekonomike i finansah: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Current trends in economics and finance: Materials of the international scientific and practical conference, Omsk], 258-264 (2019). [in Russian]
2. Sagintaev B. Pavlodarskaya oblast': na volne peremen [Pavlodar region on the wave of changes], Ekonomika: strategiya i praktika [Economics: Strategy and Practice], 1, 66-70 (2009). [in Russian]
3. Bloomberg G.R. The influence of environment, as represented by diet and air pollution, upon incidence and prevalence of wheezing illnesses in young children, Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology, 11(2), 144-149 (2011).
4. Mudd J. B. (ed.). Responses of plants to air pollution. (Elsevier, 2012, 161 p.).
5. Koryakov A.E., SHishkina A.A., SHishkina P.A. Vozdejstvie predpriyatij metallurgicheskoy promyshlennosti na pochvu i puti ego snizheniya [The impact of metallurgical industry enterprises on the soil and ways to reduce it], Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki [News of TulSU. Technical sciences], 9, 371-375 (2019). [in Russian]
6. Ermolov YU.V. Osobennosti akumulirovaniya himicheskikh elementov v biogeohimicheskoy pishchevoj cepi severnoj chasti Noril'skogo plato [Features of accumulation of chemical elements in the biogeochemical food chain of the northern part of the Norilsk plateau], Geohimiya [Geochemistry], 65(5), 499-510 (2020). [in Russian]
7. Fadeeva N.S. Tyazhelye metally v okruzhayushchej srede [Heavy metals in the environment], VII Vserossiyskaya kul'turologicheskaya konferenciya "Likhachevskie chteniya", Kazan' [VII All-Russian Cultural Conference "Likhachev Readings", Kazan], 205-207 (2016). [in Russian]
8. Smolenceva E.E., Bobkova N.G., SHvec N.I. Nekotorye puti postupleniya ekotoksikantov v pishchevye cepi severnykh regionov Rossii [Some ways of ecotoxins entering the food chains of the northern regions of Russia], Aktual'nye voprosy nauki i hozyajstva: novye vyzovy i resheniya, Tyumen' [Current issues of science and economy: new challenges and solutions, Tyumen], 58-62 (2019). [in Russian]
9. David I.G. Food chain biomagnification of heavy metals in samples from the Lower Prut Floodplain Natural Park, Environ Eng Manag J., 11(1), 69-73 (2012).
10. Singh R. Heavy metals and living systems: An overview, Indian journal of pharmacology, 43(3), 246 (2011).
11. Martiniaková M. Accumulation of Lead, Cadmium, Nickel, Iron, Copper, and Zinc in Bones of Small Mammals from Polluted Areas in Slovakia, Polish Journal of Environmental Studies, 21(1), 153-158 (2012).
12. Shvets L. The dynamics of changes in morphometric indices of nephrons in white rats and white mice under the influence of the man-made pollutants, Curierul Medical, 56(2), 62-67 (2013).
13. Essa Z., Hassan A.M. The effect of bismuth chloride on some blood and biochemical parameters in male laboratory rats (Rattus- Rattus), Basrah Journal of Veterinary Research, 12(1), 191-200 (2013).
14. Tersago K. Immunotoxicology in wood mice along a heavy metal pollution gradient, Environmental Pollution, 132(3), 385-394 (2004).
15. Ryspekova N.N. Rol' tyazhelykh metallov v razvitii anemij (obzor literatury) [The role of heavy metals in the development of anemia (literature review)], Vestnik Kazahskogo Nacional'nogo medicinskogo universiteta [Bulletin of the Kazakh National Medical University], 3(2), 46-51 (2013). [in Russian]
16. Muhacheva S.V., Bezel' V.S. Tyazhelye metally v sisteme mat'-placenta-plod u ryzhej polevki v usloviyakh zagryazneniya sredy vybrosami medeplavil'nogo kombinata [Heavy metals in the mother-

placenta-fetus system in a red vole under conditions of environmental pollution by emissions from a copper smelter], *Ekologiya* [Ecology], 6, 444-445 (2015). [in Russian]

17. Gan Y. Source quantification and potential risk of mercury, cadmium, arsenic, lead, and chromium in farmland soils of Yellow River Delta, *Journal of cleaner production*, 221, 98-107 (2019).

18. Kuno R. Reference values for lead, cadmium and mercury in the blood of adults from the metropolitan area of Sao Paulo, Brazil, *International journal of hygiene and environmental health*, 216(3), 243-249 (2013).

19. Mukhacheva S.V. Geochemical Ecology of Small Mammals at Industrially Polluted Areas: Is There any Effect of Reduction in the Emissions? *Geochemistry International*, 58(8), 959-967 (2020).

20. Starichenko V.I. Hereditary component of variation in 90Sr deposition in inbred mice under exogenous conditions that affect bone formation, *Applied Radiation and Isotopes*, 140, 126-132 (2018).

21. Baranovskaya N. Chemical composition of the small mammal reproductive system as an indicator of enterprise technogenic impact on the environment, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 43(1), 012045 (2016).

22. Moskvitina N.S., Kohonov E.V. Nekotorye pokazateli sostoyaniya zhivotnykh iz raznykh populyacij krasnoj polevki (*Clethrionomys rutilus* Pall.) Gornogo Altaya [Some indicators of the condition of animals from different populations of the red vole (*Clethrionomys rutilus* Pall.) of the Altai Mountains], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. [Bulletin of the Tomsk State University. Biology], 2(18), 186-193 (2012). [in Russian]

23. Abylhasanov T.ZH., Erzhanov N.T., Sergazinova Z.M. *Ekologiya melkih mlekopitayushchih pavlodarskoj oblasti* [Ecology of small mammals of Pavlodar region], *Vestnik IrGSKHA* [Bulletin of the IrGSHA], 83, 152-158 (2017). [in Russian]

24. Sheftel' B.I. Metody ucheta chislennosti melkih mlekopitayushchih [Methods of accounting for the number of small mammals], *Russian journal of ecosystem ecology*, 3, 1-21 (2018). [in Russian]

25. Dubrovskij V.YU., Simakin L.V. Sravnitel'naya ocenka dvuh modifikacij ucheta chislennosti melkih mlekopitayushchih cilindrami [Comparative evaluation of two modifications of accounting for the number of small mammals by cylinders], *Zoologicheskij zhurnal* [Zoological journal], 91(5), 635-635 (2012). [in Russian]

26. Levyh A.YU. K voprosu o naselenii melkih mlekopitayushchih FGBU «Kronockij gosudarstvennyj zapovednik» [On the question of the population of small mammals of the FGBU «Kronotsky State Reserve»], *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tyumen State University], 12, 92-102 (2014). [in Russian]

27. Jung T.S. Comparative efficacy of Longworth, Sherman, and Ugglan live-traps for capturing small mammals in the Nearctic boreal forest, *Mammal Research*, 61(1), 57-64 (2016).

28. Monahov S.P. Naselenie melkih mlekopitayushchih (po materialam uchotov za 2011-2020 goda) Bashkirskogo gosudarstvennogo zapovednika [The population of small mammals (based on the records for 2011-2020) of the Bashkir State Reserve], *BBK 20.18+ 28.0 A 43*, 231 (2020). [in Russian]

29. Kalinin A.A. Residence and nonresidence components of the abundance of common species of small mammals according to counts using life-trap lines, *Zool. Zh.*, 91(6), 759-768 (2012).

30. Bugmyrin S.V., YAKovlev V.V., Bespyatova L.A. Liniya lovushek dlya otlova melkih mlekopitayushchih s registraciej vremeni srabatyvaniya [A line of traps for trapping small mammals with the registration of the response time], *Seriya Eksperimental'naya biologiya* [Experimental Biology Series], 3, 103-108 (2021). [in Russian]

31. Nurushev M. ZH., Bajtanaev O. A., Konysbaeva D. T. Metody sohraneniya bioraznoobraziya fauny mlekopitayushchih (Vertebrata, Mammalia) Kazakhstana [Methods of preserving the biodiversity of the mammalian fauna (Vertebrata, Mammalia) Kazakhstan], *Biologicheskoe raznoobrazie aziatskih stepej: Materialy III mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Kostanai* [Biological diversity of the Asian steppes: Materials of the III International Scientific Conference, Kostanay], 36-38 (2017). [in Russian]

32. Elina E.E., Lenyova E.A. Vidovoj sostav i biotopicheskaya priurochennost' melkih mlekopitayushchih v usloviyah stepej YUzhnogo Predural'ya [Species composition and biotopic confinement of small mammals in the conditions of the steppes of the Southern Urals], Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]. 10(9), 2195-2199 (2014). [in Russian]

33. Shevlyuk N.N. Morfofunkcional'nye osobennosti razmnozheniya melkih mlekopitayushchih v usloviyah urbanizirovannoj sredy obitaniya na primere g. Orenburga [Morphofunctional features of reproduction of small mammals in an urbanized habitat on the example of Orenburg], Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 2, 201-203 (2014). [in Russian]

Сведения об авторах:

Заканова А.Н. – докторант кафедры биологии и экологии, Университет С. Торайгырова, Павлодар, Казахстан.

Ержанов Н.Т. – доктор биологических наук, профессор, Университет им. С. Торайгырова, Павлодар, Казахстан.

Литвинов Ю.Н. – доктор биологических наук Института систематики и экологии животных, Новосибирск, Россия.

Сергазинова З.М. – PhD, Университет С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан.

Zakanova A.N. – Ph.D. student, Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.

Yerzhanov N.T. – Doctor of Biology, Professor, Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.

Litvinov Y.N. – Doctor of Biology, Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia.

Sergazinova Z.M. – Ph.D. in Biology, Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.