

А.Н. Заканова^{1*}, Н.Т. Ержанов¹, Ю.Н. Литвинов²¹Торайгыров Университет, Павлодар, Казахстан;²Институт систематики и экологии животных РАН, Новосибирск, Россия*Автор для корреспонденции: assel.biology@gmail.com

Половозрастная структура мелких млекопитающих антропогенных районов Северного Казахстана

Исследование проводилось в весенне-летний период 2021 г. на территории Северного Казахстана, где располагается Павлодарская область. Рассматривались особенности в половой и возрастной структуре популяций, обитающих в окрестностях двух крупных предприятий тяжелой промышленности и контрольном участке. Источниками антропогенного воздействия являлись Павлодарский алюминиевый завод и Казахстанский электролизный завод. Цель исследования — определение зависимости половозрастной структуры мелких млекопитающих от близости к источнику техногенного загрязнения ареала. Территория исследования была поделена на импактную, буферную, фоновую и контрольную. Были сделаны выводы о перманентном воздействии загрязняющих веществ на организмы микромаммалий. Об этом свидетельствуют нарушения в соотношении количества самок и самцов в популяциях на участках, расположенных в окрестностях заводов. Наблюдалось повышение воспроизводства особей, плодовитость самок техногенных территорий была выше контрольных. Отличалось процентное соотношение сеголеток, взрослых и перезимовавших животных. В импактных территориях замечено самое большое количество молодых организмов и самое малое количество перезимовавших микромаммалий. На контрольном участке отмечено преобладание взрослых и перезимовавших особей. Возрастная группа животных определялась по массе, размерам тела, относительным качествам, таким как состояние шерсти. Данные о влиянии антропогенного воздействия на половозрастную структуру сообществ и популяций данного региона отсутствуют, поэтому вопрос исследования является особо актуальным. Результаты исследования могут использоваться в планировании селитебных зон региона и организации природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, антропогенное воздействие, размножение, плодовитость, популяции, сообщества, половозрастная структура, выживаемость.

Введение

Мелкие млекопитающие распространены на территории северного Казахстана повсеместно и играют важную роль в биогеоценозах, составляют значительную долю биомассы. Представители данной группы животных обладают высоким метаболизмом, пластичностью и видовым разнообразием, благодаря чему занимают различные экологические ниши. Микромаммалии характеризуются периодическим увеличением и уменьшением плотности популяций [1]. Динамика численности, плотность, половозрастная структура популяций могут изменяться под воздействием абиотических, биотических и антропогенных компонентов. Такими могут являться структура и численность сообществ, репродуктивная особенность сезонных генераций (скорость роста, полового созревания и др.); взаимоотношение и влияние популяций видов, обитающих на одной местности, погодные условия, кормовое положение [2]. Половозрастная структура популяций и сообществ формирует стабилизацию численности, приводя ее к оптимуму после временного или перманентного влияния стрессовых факторов [3], каким может являться воздействие деятельности человека на структуру ареала того или иного вида. Поэтому исследование влияния антропогенного воздействия на половозрастную структуру мелких млекопитающих, как возможного индикатора загрязненности среды обитания, является актуальным и мало изученным в северном Казахстане.

На севере Казахстана находится большое количество предприятий, изготавливающих продукцию тяжелой промышленности. Местность характеризуется разнообразными ландшафтами. Среди них сельскохозяйственные ландшафты, которые используются в земледелии и животноводстве; на севере наблюдается лесохозяйственный ландшафт с небольшими березовыми колками, на востоке произрастают сосновые боры; в районе реки Иртыш территория используется в водохозяйственных целях; промышленный тип: к ним относят Павлодарский алюминиевый завод, Казахстанский электролизный завод, Аксуский завод ферросплавов, Павлодарский нефтехимический завод, Екибастуз-

ские ГРЭС 1 и 2, Аксуская ГРЭС. Антропогенное воздействие на ландшафт также происходит в сели-тебной зоне (постройки жилья); Баянаульский государственный национальный парк относится к не-многочисленному рекреационному типу ландшафта [4].

Репродуктивная структура популяций может выступать в качестве индикатора среды обитания. В нормальных условиях среды, при небольших стрессовых факторах соотношение самок и самцов в популяциях оптимально равновесно или немного смещено в сторону увеличения самок. Наблюдается минимальная разница между количеством самок и самцов, то есть половой диморфизм отсутствует. При отрицательном воздействии среды сообщества испытывают средовой стресс, поэтому необходи-ма микроэволюционная лабильность. Чтобы успешно существовать в негативной среде, популяциям следует изменить половую структуру. Обычно самцы первыми реагируют на влияние среды: увели-чивается количество особей, в результате соотношение полов смещается в их сторону, возрастает разница между количеством самцов и самок одной популяции. Следующими на изменения отвечают самки, увеличивая свое количество. Данный вариант случается только в успешно приспособившейся к изменяющимся условиям среды популяции [5].

Материалы и методы

Материал для исследования был получен в весенне-летний период 2021 г. на территории Павло-дарской области, расположенной в северном Казахстане.

Регистрация животных проводилась при помощи относительных способов учета с использо-ванием давилок и ловушко-линий по стандартной методике Новикова [6]. Данный метод повсеместно используется при экологических исследованиях. Результаты исследований дают информацию о чис-ленности, половой и возрастной структуре популяций, биотопическом распределении.

Учетные линии располагались на участках вокруг двух крупнейших предприятий региона: Ка-захстанский электронный завод (КЭЗ) и Павлодарский алюминиевый завод (ПАЗ). КЭЗ располагается на расстоянии 12 км от г. Павлодара с населением свыше 300 тыс. ПАЗ располагается на расстоянии 2 км от города. Заводы расположены друг от друга на удалении 9–10 км. Контрольный участок нахо-дился в Павлодарской области $51^{\circ}55'11''$ с.ш. и $77^{\circ}03'27''$ в.д.

Территория вокруг каждого завода делилась на: 1) импактную (на удалении 0,5–3 км от завода); 2) буферную (на удалении 3–5 км); 3) фоновую (на расстоянии 20–25 км). За период сбора первичных данных с марта по октябрь 2021 г. отработано 1200 конусо-суток и 6000 давилко-суток в районе ПАЗ и КЭЗ. В контрольной зоне освоено 200 конусо-суток и 1000 давилко-суток.

Организмы на различных возрастных этапах анализировались по эндогенным факторам: поло-жение генеративных органов, отсутствие или наличие множественных эмбрионов в матке самок, мас-са и развитость половых структур самцов, численность плацентарных пятен. Зверьков делили на две группы в зависимости от состояния генеративных органов: размножающиеся (половозрелые сеголет-ки и перезимовавшие особи) и не участвующие в размножении (неполовозрелые сеголетки). Инфор-мацию о средней плодовитости самок получали, посчитав среднее количество эмбрионов среди числа размножающихся самок той или иной территории.

Результаты и обсуждение

Мелкие млекопитающие представляют один из главных компонентов наземных экосистем сте-пей северного Казахстана, представлены, в основном, отрядом Грызуны (*Rodentia*) и Насекомоядные (*Eulipotyphla*). Всего было зарегистрировано 173 мелких млекопитающих.

Самым активным месяцем для мелких млекопитающих техногенной зоны является июль. Около половины животных, пойманных на учетных линиях, приходится на этот месяц. К следующим по продуктивности можно отнести июнь и август, и меньшее количество млекопитающих приходится на май и сентябрь. Численность микромаммалий, зарегистрированных с мая по сентябрь, продемон-стрирована на рисунке 1.

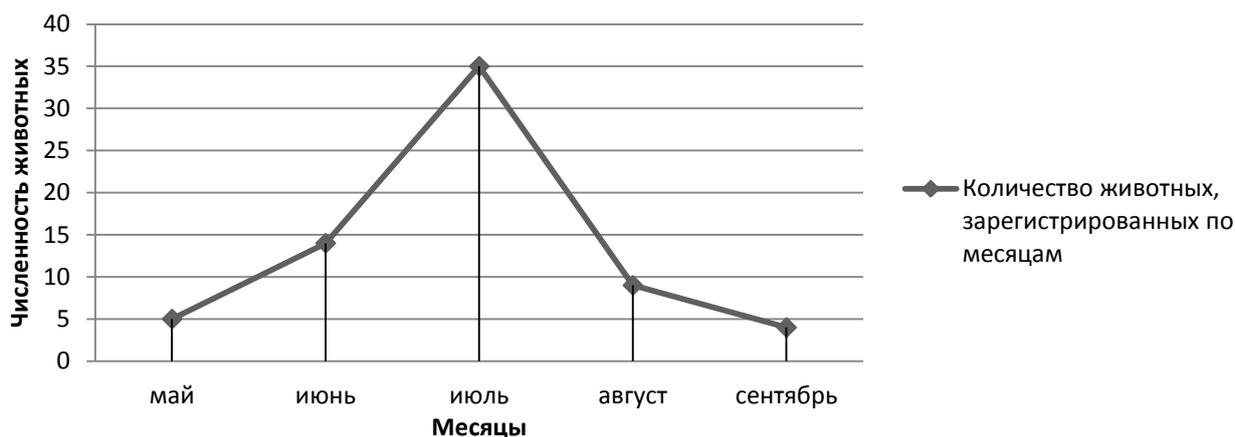


Рисунок 1. Численность мелких млекопитающих техногенных зон, зарегистрированных в весенне-летний период 2021 года

Низкая численность в мае объясняется еще не активным размножением сеголеток, а наличием отложений подкожно-жировой клетчатки с зимнего периода. Высокое количество в летние месяцы продиктовано пиком репродуктивной активности, ростом численности популяций, необходимостью набрать массу на зимний период времени [7]. К концу активного периода размножения происходит снижение численности за счет гибели перезимовавших особей, в результате чего к зимовке остается около 5 % особей, участвовавших в размножении в весенне-летний период.

Всего в импактной зоне было отмечено 25 животных, в буферной 22 зверька, в фоновой территории — 20. На техногенных участках за весенне-летний период зарегистрировано 67 животных. На контрольном участке количество мелких млекопитающих было равно 104.

Репродуктивный анализ зарегистрированных животных показал превышение количества самцов над самками: 67 % и 33 % соответственно. Столь большие различия могут привести к дестабилизации популяций животных в последующих поколениях и говорят о пессимальных условиях среды обитания.

На контрольном участке ситуация с половым диморфизмом не столь отрицательная. Количество половозрелых самок было 42 и самцов 58 %. Соотношение между самцами и самками техногенных и контрольной зон изображено на рисунке 2.

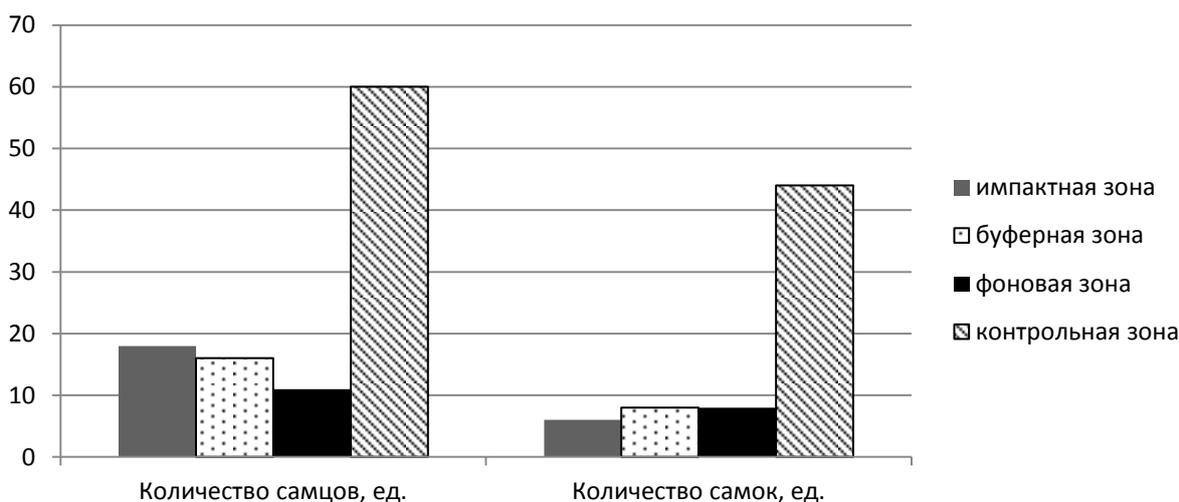


Рисунок 2. Количество самок и самцов в импактной, буферной, фоновой зонах

Высокое различие между количеством самок и самцов в техногенных территориях может объясняться различиями в метаболизме и экологии: размерами организма, суточной активностью, участием в размножении и, как следствие, количеством потребляемой пищи с содержанием поллютантов, оно

также может различаться. Обычно у самцов количество потребляемой пищи выше на 30–40 %, чем у самок. Так, например у *Arborimus longicaudus* отмечается превышение свинца в скелетах самцов [8], по сравнению с самками.

Самки техногенных зон отличались максимальными значениями плодовитости $\pm 6,1$, высока доля участвующих в размножении самок (69,8 %). На контрольном участке плодовитость равна $\pm 5,28$, при количестве размножающихся самок 33,6 %. В размножении участвует половина сеголетков (50 %).

В исследованиях Е.Г. Шадринной и Я.Л. Вольперта [9], наблюдается увеличение средней величины выводка у красной полевки (*Myodes rutilus*), ареал которой подвергается длительному мезоантропогенному воздействию горнодобывающей промышленности. Мы также констатируем, что урбанизация оказывает влияние на половозрастную структуру грызунов и насекомых. Животные, испытывая постоянный стресс, адаптируются увеличением плодовитости самок и в то же время уменьшением их пропорции в общей численности.

Относительный возраст у мелких млекопитающих мы определяли по массе тела животного. Большинство мелких грызунов живут недолго: полевки и мыши в среднем меньше одного года, т.е. 10–11 месяцев. Поэтому значительную часть своей жизни они продолжают расти и, следовательно, масса их тела увеличивается, поэтому животные были разделены на возрастные группы по массе с определенным интервалом, например, полевок до 15 г, 16–20, 21–25, 26–30 и т.д. [10]. Процентное соотношение возрастных групп: молодых, взрослых и перезимовавших на техногенном участке — 18,9; 17,3 и 63,2 %, на контрольном — 10,7, 11,3 и 78 %, соответственно. Количество животных каждой возрастной группы на техногенных и контрольной зонах показано на рисунке 3.

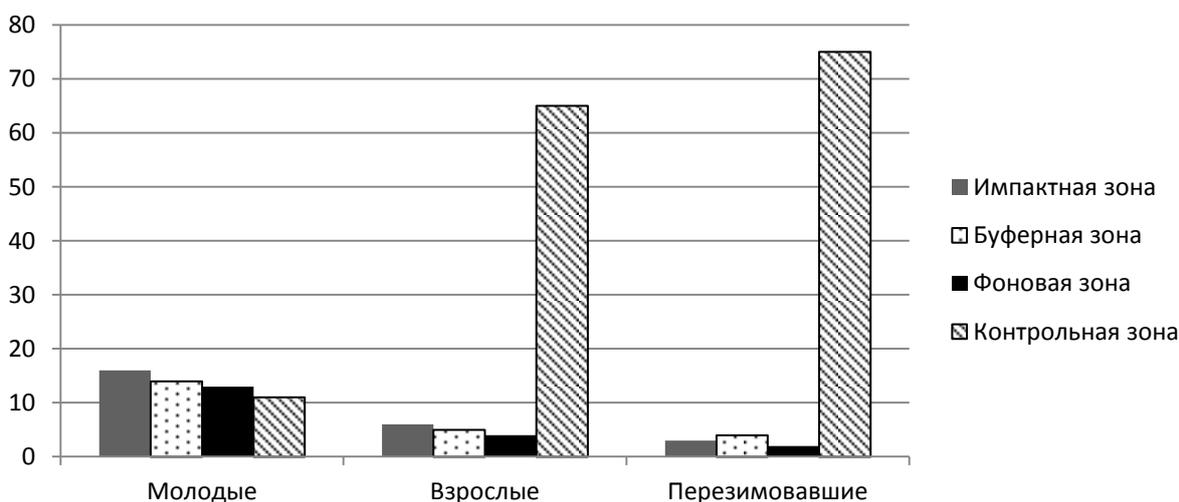


Рисунок 3. Количество животных (в особях) по возрастным группам: молодые, взрослые и перезимовавшие

Всего на техногенных территориях молодых мелких млекопитающих было отмечено 43 особи, взрослых 15 и еще меньше перезимовавших — 9 животных. Наблюдается тенденция увеличения количества молодых животных и резкое уменьшение перезимовавших организмов на территориях, прилегающих к заводам. На контрольных участках фиксируются противоположные результаты: молодых животных 11 единиц, взрослых 65 и перезимовавших 75.

Старые перезимовавшие особи выглядели более взъерошено, часть шерсти иногда потерта, например, у старых самцов полевок на бедрах видны обнаженные части тела (лысины).

Мы приходим к выводу о влиянии антропогенного воздействия на продолжительность жизни микромаммалий. В исследованиях С.В. Мухачевой, С.В. Безеля и других [11] имеется информация о накоплении свинца и кадмия у перезимовавших полевок в лабораторных условиях. У модельных животных радиоактивные изотопы присутствовали в соединительных тканях, особенно в скелете. У сеголеток, подверженных воздействию поллютантов, весь постнатальный период отмечалась низкая оксификация. Были сделаны выводы о проницаемости плаценты для загрязняющих веществ. Однако показатели молодых млекопитающих были достоверно ниже, чем у взрослых особей и особенно у перезимовавших. В скелете молодых *Rattus* присутствие стронция и других элементов было от 4 до 10 раз меньше уровня у взрослых особей. В своей работе автор [12] отмечает увеличение уровня тя-

железы металлов в половой системе у половозрелых взрослых микромаммиалей, через высокие концентрации в потребляемой пище [13]. Как и половая принадлежность, возрастным критерий проявляется тем выше, чем выше уровень техногенной нагрузки на экосистему.

Заключение

Таким образом, мелкие млекопитающие могут выступить в качестве индикатора состояния экосистемы: большой процент половозрелых особей в сообществах свидетельствует об адаптивных реакциях животных к изменениям окружающей среды, причиной которых стало техногенное воздействие. Результаты сбора первичных данных предоставили информацию о численности, половой и возрастной структуре популяций как индикаторов оценки загрязнения среды.

Максимальная активность животных антропогенных участков наблюдалась в летний период, пик зафиксирован в июне. Весной и осенью число активных мелких млекопитающих значительно ниже — 13 % от общего числа. В техногенных зонах население значительно ниже, чем у контрольного участка, и составляет 39 % от всех зарегистрированных мелких млекопитающих и представлено в большей степени сеголетками, участие которых в воспроизводстве ниже, чем у взрослых особей. Можно предположить, что население данных мест может формироваться мигрирующими особями из соседних участков. По мере отдаления от источников загрязнения наблюдается повышение доли перезимовавших особей. Максимальное значение взрослых, перезимовавших млекопитающих наблюдалось в контрольных участках (91,5 %), наименьшее — в импактной зоне (35 %).

Длительное воздействие предприятий тяжелой промышленности может приводить к снижению доли взрослых и перезимовавших особей, особенно это наблюдается среди самок микромаммиалей. Данное явление демонстрирует трансформацию в популяционной структуре, так как рассматриваемые места плохо используются микромаммиалиями в качестве площадок для воспроизводства. Количество самок подверженных техногенному воздействию пропорционально уменьшалось по мере сокращения расстояния от предприятий. Количество самок контрольной зоны составляет 67 % от общего количества особей женского пола отмеченных в исследуемый период.

Обычно при перманентном стрессовом воздействии на ареалы включаются процессы обратной связи. Повышение плодовитости самок техногенных участков свидетельствует о включении саморегулирующих механизмов популяций, поэтому мы наблюдаем увеличение плацентарных пятен и эмбрионов у самок, зарегистрированных близ заводов. В среднем, плодовитость самок контрольного участка меньше на 0,82 самок техногенного участка.

Перечисленные выше особенности свидетельствуют о напряженности взаимоотношений организмов мелких млекопитающих с окружающей средой, подвергнутой антропогенной нагрузке. Наблюдались изменения в половозрастной структуре мелких млекопитающих при длительной антропогенной нагрузке, которая наблюдается в Северном Казахстане. Так, в популяциях присутствует интенсификация репродуктивной деятельности, индивидуальной плодовитости и сокращения продолжительности жизни.

Список литературы

- 1 Kelt D.A. Comparative ecology of desert small mammals: a selective review of the past 30 years // *Journal of Mammalogy*. — 2011. — Vol. 92, № 6. — P. 1158–1178.
- 2 Мамина В.П. Репродуктивные потери у мелких млекопитающих: роль самок и самцов / В.П. Мамина, О.А. Жигальский // *Докл. РАН*. — 2009. — Т. 425, № 4. — С. 571–573.
- 3 Benitez-Malvido J. et al. The role of sex and age in the architecture of intrapopulation howler monkey-plant networks in continuous and fragmented rain forests // *Peer J*. — 2016. — Vol. 4. — P. e1809.
- 4 Латыпова З.Б. Методологические аспекты геоэкологической оценки территории (на примере Павлодарской области) / З.Б. Латыпова, М.К. Омаров // *Пед. журн.* — 2017. — Т. 7, № 1. — С. 421.
- 5 Суходольская Р.А. Роль репродуктивных параметров популяции в биоиндикации антропогенных воздействий / Р.А. Суходольская, Е.В. Бегичева // *Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации*. — 2010. — С. 104.
- 6 Катаевский В.Н. Млекопитающие Сары-Челекского заповедника / В.Н. Катаевский, Э. Давранов // *Тр. Заповедников Кыргызстана. Государственная лесная служба КР. Кыргызский национальный отдел реализации проекта*, 2005. — Электронный ресурс. — Режим доступа: <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/biom/lib/article/kataevskiy-davranov-mlekopitaushiesary-chelek.pdf>
- 7 Рассадина Е.В. Биоиндикация и ее место в системе мониторинга окружающей среды / Е.В. Рассадина // *Вестн. Ульянов. гос. сельскохозяйств. акад.* — 2007. — № 2(5). — С. 48–53.

8 Москвитина Н.С. Некоторые показатели состояния животных из разных популяций красной полевки (*Clethrionomys rutilus* Pall.) Горного Алтая / Н.С. Москвитина, Е.В. Кохонов // Вестн. Том. гос. ун-та. Сер. Биология. — 2012. — № 2 (18). — С. 186–193.

9 Шадрина Е.Г. Мелкие млекопитающие как модельная группа при оценке трансформации ландшафтов Севера (на примере Западной Якутии) / Е.Г. Шадрина, Я.Л. Вольперт // Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий. — Нижний Новгород, 2014. — С. 342–349.

10 Карасева Е.В. Грызуны России / Е.В. Карасева, Ю.В. Тошигин. — М.: ИЭМЭЖ им. Н.А. Северцова, 1993. — С. 110–121.

11 Mukhacheva S.V. Geochemical Ecology of Small Mammals at Industrially Polluted Areas: Is There any Effect of Reduction in the Emissions? / S.V. Mukhacheva, V.S. Bezel // Geochemistry International. — 2020. — Vol. 58, № 8. — P. 959–967.

12 Starichenko V.I. Hereditary component of variation in 90Sr deposition in inbred mice under exogenous conditions that affect bone formation / V.I. Starichenko // Applied Radiation and Isotopes. — 2018. — Vol. 140. — P. 126–132.

13 Baranovskaya N. Chemical composition of the small mammal reproductive system as an indicator of enterprise technogenic impact on the environment / N. Baranovskaya, A. Belyanovskaya, V. Bezel, S. Mukhacheva, M. Anufrieva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — IOP Publishing, 2016. — Vol. 43, № 1. — P. 012045.

А.Н. Заканова, Н.Т. Ержанов, Ю.Н. Литвинов

Қазақстанның солтүстік антропогендік аудандарындағы ұсақ сүтқоректілердің жыныстық-жастық құрылымы

Зерттеу 2021 жылдың көктемгі-жазғы кезеңінде Қазақстанның солтүстігінде, яғни Павлодар облысының аумағында жүргізілген. Ауыр өнеркәсіптің екі ірі кәсіпорны мен бақылау учаскесінің маңайында мекендейтін популяциялардың жыныс және жас құрылымындағы ерекшеліктер қарастырылған. Антропогендік әсердің көздері Павлодар алюминий зауыты және Қазақстан электролиз зауыты болды. Зерттеудің мақсаты: ұсақ сүтқоректілердің жыныстық-жас құрылымының таралу аймағының техногендік ластану көзіне жақын болуына тәуелділігін анықтау. Зерттеу аумағы импактты, буферлі, фондық және бақылау аймақтарына бөлінді. Микромаммалий организмдеріне ластанушы заттардың тұрақты әсері туралы қорытынды жасалды. Бұған зауыттардың маңында орналасқан учаскелердегі популяцияларда ұрғашы мен еркек санының арақатынасының бұзылуы дәлел бола алады. Техногендік аймақтардағы дарактардың өсімділігінің артуы, ұрғашылардың тұқымдылығының молаюы бақылау нормасынан артып келе жатқаны байқалады. Жас төлдердің, ересек және қыстаудан шыққан жануарлардың пайыздық арақатынасында айырмашылық бар. Импактты аймақтарда жас организмдердің ең көп саны және қыстаудан шыққан микромаммалиялардың ең аз саны бар. Бақылау аймағында ересектер мен қыстаудан шыққан дарактардың басым болуы байқалады. Жануарлардың жас тобы салмағы, дене мөлшері, салыстырмалы қасиеттері, мысалы, түктерінің жағдайы бойынша анықталды. Осы өңірдің қоғамдастықтары мен популяцияларының жыныстық-жастық құрылымына антропогендік әсердің әсері туралы деректер жоқ, сондықтан зерттеу мәселесі аса өзекті. Зерттеу нәтижелері өңірдің қоныстану аймақтарын жоспарлауда және табиғатты қорғау іс-шараларын ұйымдастыруда пайдаланылуы мүмкін.

Кілт сөздер: ұсақ сүтқоректілер, антропогендік әсер, көбею, тұқымдылық, популяциялар, қауымдастықтар, жыныстық және жас құрылымы, тіршілік ету.

A.N. Zakanova, N.T. Yerzhanov, Yu.N. Litvinov

Gender and age structure of small mammals of anthropogenic regions of Northern Kazakhstan

The research was conducted in the spring-summer period of 2021 on the territory of northern Kazakhstan, where the Pavlodar region is located. The features in the sexual and age structure of populations were considered. Populations live in the vicinity of two large heavy industry enterprises and a control area. The sources of anthropogenic impact were the Pavlodar Aluminum Plant and the Kazakhstan Electrolysis Plant. Research objective: to determine the dependence of the sex and age structure of small mammals on the proximity to the source of anthropogenic pollution of the area. The study area was divided into impact, buffer, background and control. Conclusions were drawn about the permanent effect of pollutants on the micromammalia organisms. There is a violation in the ratio of the number of females and males in the populations as they approach the sources of pollution. There is an increase in reproduction of individuals. The fertility of females of technogenic territories is higher than the control ones. The percentage of fingerlings, adults and overwintered

animals differs. The impact territories have the largest number of young organisms and the smallest number of overwintered micromammalia. In the control area, there is a predominance of adults and pre-hibernating individuals. The age group of animals was determined by weight, body size, relative qualities (condition of the coat). There was no up-to-date information on the impact of anthropogenic impact on the gender and age structure of communities and populations of northern Kazakhstan. The results of this research will be useful in the process of planning a residential area of the region.

Keywords: small mammals, anthropogenic impact, reproduction, fertility, populations, communities, gender and age structure, survival.

References

- 1 Kelt, D.A. (2011). Comparative ecology of desert small mammals: a selective review of the past 30 years. *Journal of Mammalogy*, 92(6), 1158–1178.
- 2 Mamina, V.P., & Zhigalskii, O.A. (2009). Reproductivnye poteri u melkikh mlekopitaiushchikh: rol samok i samtsov [Reproductive losses in small mammals: the roles of females and males]. *Doklady Rossiiskoi akademii nauk — Reports of Academy of Science*, 425(1); 164–166 [in Russian].
- 3 Benitez-Malvido, J., Martínez-Falcón, A.P., Dattilo, W., González-DiPierro, A.M., Estrada, R.L. & Traveset, A. (2016). The role of sex and age in the architecture of intrapopulation howler monkey-plant networks in continuous and fragmented rain forests. *Peer J.*, 4, e1809.
- 4 Latypova, Z.B. & Omarov, M.K. (2017). Metodologicheskie aspekty geoekologicheskoi otsenki territorii (na primere Pavlodarskoi oblasti) [Methodological aspects of geoecological assessment of the territory (on the example of the Pavlodar region)]. *Pedagogicheskii zhurnal — Pedagogical Journal*, 7 (1); 421 [in Russian].
- 5 Sukhodolskaia, R.A. & Begicheva, E.V. (2010). Rol reproductivnykh parametrov populiatsii v bioindikatsii antropogennykh vozdeistvii [The role of reproductive parameters of the population in bioindication of anthropogenic impacts]. *Sovremennye problemy biomonitoringa i bioindikatsii — The modern problems of biomonitoring and bioindication*, 104 [in Russian].
- 6 Kataevskii, V.N. & Davranov, E. (2005). Mlekopitaiushchie Sary-Chelekskogo zapovednika [Mammals of the Sary-Chelek Nature Reserve]. *Trudy Zapovednikov Kyrgyzstana. Gosudarstvennaia lesnaia sluzhba KR. Kyrgyzskii natsionalnyi otdel realizatsii proekta — Proceedings of the Reserves of Kyrgyzstan. State Forest Service of the Kyrgyz Republic. Kyrgyz National Project Execution Department*. Retrieved from <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/biom/lib/article/kataevskiy-davranov-mlekopitaiushchie-sary-chelek.pdf> [in Russian].
- 7 Rassadina, E.V. (2007). Bioindikatsiia i ee mesto v sisteme monitoringa okruzhaiushchei sredy [Bioindication and its place in the environmental monitoring system]. *Vestnik Ulianovskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii — Bulletin of Ulianovsk agricultural academy*, 2(5); 48–53 [in Russian].
- 8 Moskvitina, N.S. & Kokhonov, E.V. (2012). Nekotorye pokazateli sostoiianiia zhivotnykh iz raznykh populiatsii krasnoi polevki (*Clethrionomys rutilus* Pall.) Gornogo Altaia [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. Seriya Biologiia — Bulletin of Tomsk State University, series Biology*, 2(18); 186–193 [in Russian].
- 9 Shadrina, E.G. & Volpert, Ia.L. (2014). Melkie mlekopitaiushchie kak modelnaia gruppa pri otsenke transformatsii landshaftov Severa (na primere Zapadnoi Yakutii) [Small mammals as a model group in assessing the transformation of landscapes of the North (on the example of Western Yakutia)]. *Zoologicheskie issledovaniia regionov Rossii i sopredelnykh territorii — Zoological study of regions of Russia and adjacent territories*. Nizhnii Novgorod, 342–349 [in Russian].
- 10 Karaseva, E.V. & Toshchigin, Yu.V. (1993). *Gryzuny Rossii [Rodents of Russia]*. Moscow: IEIEMEZh imeni N.A. Severtsova, 110–121 [in Russian].
- 11 Bezel, V.S., & Mukhacheva, S.V. (2020). Geochemical Ecology of Small Mammals at Industrially Polluted Areas: Is There any Effect of Reduction in the Emissions? *Geochemistry International*, 58(8), 959–967.
- 12 Starichenko, V.I. (2018). Hereditary component of variation in 90Sr deposition in inbred mice under exogenous conditions that affect bone formation. *Applied Radiation and Isotopes*, 140, 126–132.
- 13 Baranovskaya, N., Belyanovskaya, A., Bezel, V., Mukhacheva, S. & Anufrieva, M. (2016). 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.