

## Предварительный анализ изменений структуры сообществ мелких млекопитающих под влиянием промышленных загрязнений в условиях Северного Казахстана

Т. А. ДУПАЛ<sup>1</sup>, З. М. СЕРГАЗИНОВА<sup>2</sup>, Н. Т. ЕРЖАНОВ<sup>2</sup>, Ю. Н. ЛИТВИНОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт систематики и экологии животных СО РАН  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11  
E-mail: gf@eco.nsc.ru; litvinov@eco.nsc.ru*

<sup>2</sup> *Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова  
637034, Павлодар, ул. Ломова, 64  
E-mail: wwwszm@mail.ru; dirni@mail.ru*

Статья поступила 18.01.2017

Принята к печати 25.04.2017

### АННОТАЦИЯ

Впервые приводятся данные по населению мелких млекопитающих промышленной зоны г. Павлодар (Северный Казахстан). Проведен анализ основных структурных показателей разнообразия сообществ мелких млекопитающих как индикаторов состояния экосистем в участках техногенной нагрузки, в сравнении с контрольным участком. Показано, что по мере удаления от источников загрязнения увеличивается суммарное обилие. При значительных техногенных нагрузках сообщество мелких млекопитающих характеризуется обедненным видовым составом и монодоминантной структурой. При умеренной интенсивности техногенной нагрузки увеличивается видовое разнообразие, но снижается численность отдельных видов за счет фрагментации местообитаний.

**Ключевые слова:** грызуны, насекомоядные, сообщества, численность и структура населения, промышленное загрязнение, Северный Казахстан.

Видовые особенности экологии и структура ландшафта, по-видимому, являются ключевыми факторами, определяющими воздействие вредных выбросов предприятий на организмы животных. Высказывались предположения [Мухачева, 2005; Fritsch et al., 2011], что экологические популяционные характеристики, такие как трофические связи с растительностью, размер индивидуаль-

ных участков, миграции, распределение по местообитаниям, свойственные определенному ландшафту, главным образом и определяют передачу вредных для организмов химических элементов в пищевых сетях. Изменение экологической емкости и мозаичность местообитаний приводят к структурным преобразованиям сообществ и требуют объективной количественной оценки.

В Северном Казахстане в последние годы интенсивно развивается Павлодарский промышленный район. В окрестностях г. Павлодар, в связи со значительным ростом количества предприятий и увеличением объемов производства [Бескорская, 2014], преобразованием мезорельефа, интенсивным выпасом домашних животных возросла антропогенная нагрузка на окружающую среду. До появления промышленного района Павлодарской обл., естественный растительный покров территории был представлен разнотравно-дерновинно-злаковыми, типчаково-ковыльными сухими степями. В настоящее время преобладают антропогенные модификации растительных ассоциаций [Леонова, 2010]. На отдельных территориях в радиусе 1,5 км от заводских границ почвенный покров полностью разрушен или деструктурирован [Ермиенко, 2010]. Увеличились мозаичность местобитаний и гетерогенность ландшафтов.

В качестве удобной экологической модели для комплексного изучения антропогенного влияния на экосистемы используются сообщества и популяции мелких млекопитающих [Лукьянова, Лукьянов, 1998; Гашев, 2006; Guillermo Espinosa-Reyes et al., 2014; Rodriguez-Estival, Smits, 2016]. Они реагируют на вторичные, опосредованные эффекты техногенных загрязнений, приводящие к изменению видового состава, численности и структуры населения [O'Brien et al., 1993].

Исследования фауны, населения и структуры сообществ мелких млекопитающих в окрестностях г. Павлодар ранее не проводились. В настоящее время на территории Павлодарской обл. зарегистрировано 35 видов мелких млекопитающих, в том числе 26 видов грызунов и девять видов насекомоядных [Соломатин, 2007].

Цель данной работы – изучение видового состава и структуры населения мелких млекопитающих на участках с разной техногенной нагрузкой промышленной зоны г. Павлодар и оценка изменений, происходящих в сообществах.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в восточной промышленной зоне г. Павлодар, где выбрано два крупных объекта загрязнения: Павлодар-

ский алюминиевый завод и Казахстанский электролизный завод. Расстояние между заводами около 11 км. Рядом с алюминиевым заводом (ПАЗ) располагается Павлодарская ТЭЦ-1, входящая в состав предприятия. Завод находится на юго-востоке города на расстоянии около 2 км от жилого микрорайона. Алюминиевый завод и ТЭЦ выбрасывают до 90 % от общего количества загрязняющих веществ в год, что приводит к наибольшим концентрациям в почвах вредных элементов [Панин, Гельдымамедова, 2006].

Казахстанский электролизный завод (КЭЗ) располагается на расстоянии 12 км от города в юго-восточном направлении. Основными загрязнителями подобного производства являются фторидные соединения, которые могут рассеиваться в радиусе 50 км, а также окиси углерода, диоксид серы и пыль [Чибирик, 1996; Ермиенко, 2010].

Полевые работы проводили с июня по август 2016 г. В пределах трех техногенных зон заложены 10 пробных площадок. Они находились в наветренном западном и подветренном восточном направлениях от источников выбросов. Зоны выделялись на основании работы С. В. Мухачевой с соавт. [2010]: импактная зона 0,5–3 км, буферная – 3–5 км, фоновая – 20–25 км. В импактной зоне выбрано четыре пробных участка – И<sub>1</sub>, И<sub>2</sub>, И<sub>3</sub>, И<sub>4</sub>; в буферной зоне два – Б<sub>5</sub>, Б<sub>6</sub>; в фоновой зоне четыре – Ф<sub>7</sub>, Ф<sub>8</sub>, Ф<sub>9</sub>, Ф<sub>10</sub> (рис. 1). Описание биотопов и ландшафта пробных площадок приводится в табл. 1. На всех участках преобладала степная растительность: полыни австрийская *Artemisia austriaca* и песчаная *A. arenaria*, овсяница бороздчатая *Festuca valesiaca*, рогач песчаный *Ceratocarpus arenarius*, рыжик *Camelina*, липучка колюче-плодная *Lappula spinocarpos*, ковыль-волосатик *Stipa capillata*, люцерна серповидная *Medicago falcata*, лапчатка песчаная *Potentilla arenaria*, скерда кровельная *Crepis tectorum*, астрагал яичкоплодный *Astragalus testiculatus*. Преобладающие ветра западные и юго-западные.

В этот же период проводили учеты численности мелких млекопитающих на контрольном участке, расположенном в окрестностях с. Троицкое в 15 км от г. Карасук Новосибирской обл. (Карасукский стационар Института систематики и экологии животных

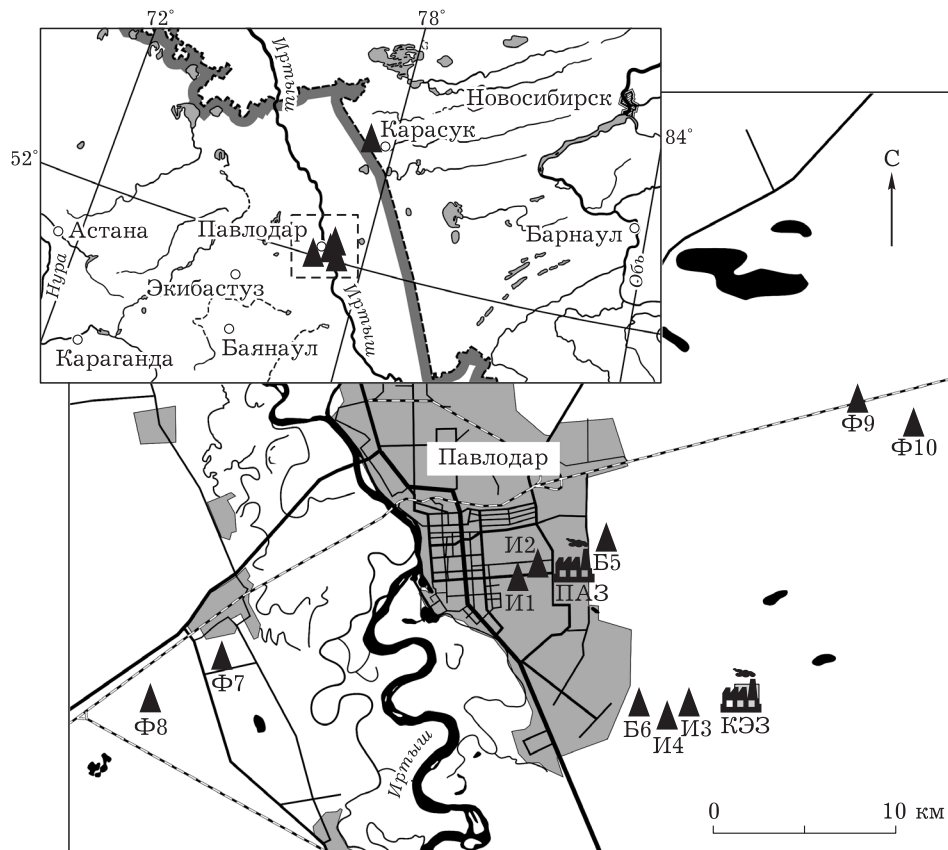


Рис. 1. Районы исследования и участки отловов мелких млекопитающих в промышленной зоне г. Павлодар: И<sub>1</sub>, И<sub>2</sub>, И<sub>3</sub>, И<sub>4</sub> – импактная зона; Б<sub>5</sub>, Б<sub>6</sub> – буферная зона; Ф<sub>7</sub>, Ф<sub>8</sub>, Ф<sub>9</sub>, Ф<sub>10</sub> – фоновая зона; ПАЗ – Павлодарский алюминиевый завод, КЭЗ – Казахстанский электролизный завод. Контрольная зона – Карасукский р-н Новосибирской обл.

СО РАН, К<sub>К</sub>). Расстояние от контрольного участка до г. Павлодар 200 км в северо-восточном направлении. Этот участок выбран на основании сходства ландшафтно-экологических условий до начала антропогенных воздействий и его можно рассматривать как зону регионального фона. Полевые работы на контрольной территории (К<sub>К</sub>) велись на четырех полигонах: участок типчаково-злаково-разнотравной степи, участок ковыльно-типчаковой степи вдоль лесополосы; пахотное поле, заросшее злаково-разнотравной растительностью; увлажненный луг со злаково-разнотравной растительностью на берегу оз. Кротово [Дупал, 2008]. Как техногенная, так и контрольная территории располагаются в пределах южной части Западно-Сибирской низменности и представлены равнинным рельефом.

Сбор материала осуществляли методом ловчих канавок, длиной 50 м в течение

10 дней каждого месяца. В дно канавки вкапывали, отступив от края 5 м, конусы (5 шт.) на расстоянии 10 м друг от друга. В качестве конусов использовали пластиковые 5-литровые емкости со срезанным дном или железные конусы. Канавки проверяли ежедневно рано утром. Всего за время исследований отработано 1142 конусо-суток (к./с.) в техногенной и 770 к./с. в контрольной зонах, отловлено 229 особей. В качестве числовых характеристик видов в сообществе применяли индекс доминирования (процент или доля вида в сообществе (и. д.)) и показатель численности (п. ч.), рассчитанный на 100 конусо-суток (к./с.). [Литвинов и др., 2010]. Видовые названия мелких млекопитающих приводятся по мировой сводке “Виды млекопитающих мира. Таксономическая и географическая справка” [Mammal Species..., 2005]. Чувствительными к техногенному загрязнению окружающей среды являются показатели биологического раз-

Расположение пробных участков и их расстояние от источников эмиссии

Биотоп	Зона	Пробный участок	Расстояние от источников эмиссии, км	Направление от источников выбросов	Источник выбросов
Разнотравно-полынная степь с элементами древесной растительности	Импактная	И <sub>1</sub>	0,5–3	Западное	Алюминиевый завод, ТЭЦ
Разнотравно-ковыльно-полынная степь		И <sub>2</sub>			
Типчаково-полынная степь с элементами древесной растительности	Буферная	И <sub>3</sub>	3–5	Северо-восточное	Алюминиевый завод, ТЭЦ
Полынно-ковыльная степь		И <sub>4</sub>			
		Б <sub>5</sub>	3–5	Западное	Электролизный завод
		Б <sub>6</sub>			
			5	Юго-восточное	Алюминиевый завод, ТЭЦ
Типчаково-полынная степь	Фоновая	Ф <sub>7</sub>	20–25	Западное	Алюминиевый завод, ТЭЦ, электролизный завод
		Ф <sub>8</sub>			
Полынная степь		Ф <sub>9</sub>	20–25	Восточное	То же
		Ф <sub>10</sub>			
Берег озера, заросший злаково-разнотравной растительностью	Контрольная	К <sub>к</sub>	Около 200	Северо-восточное	
Типчаково-злаково-разнотравная степь					
Участок ковыльно-типчаковой степи вдоль лесополосы					
Участок пахотного поля со злаково-разнотравной растительностью					

нообразия [Воробейчик и др., 1994; Методы..., 2005]. Поэтому для характеристики видового разнообразия применяли индексы разнообразия и выровненности Шеннона (*H* и *J*) и Симпсона (*D* и *E*) [Бигон и др., 1989].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За летний период 2016 г. отловлено 229 особей, среди которых преобладали грызуны как в техногенной (93 %), так и в контрольной (63 %) зонах (табл. 2). Количество видов, отмеченных в зоне техногенной нагрузки, – 13, в контрольной зоне (К<sub>к</sub>) – 10. Малая белозубка и обыкновенная слепушонка в Карасукском р-не не встречаются [Дупал, 2010], а обыкновенная бурозубка и водяная полевка не зарегистрированы в зоне техногенной нагрузки.

Биотопическое распределение и соотношение показателей численности грызунов и насекомых в зонах техногенной нагрузки и

контрольной различаются. На участках с элементами древесной растительности техногенной зоны землеройки имеют самый низкий показатель численности (1 экз. на 100 к./с.), а в разнотравно-ковыльно-полынной и полынно-ковыльной степях они не встречаются. Грызуны распространены повсеместно с более высоким показателем численности (п. ч.) (от 1,6 до 14 экз. на 100 к./с.). В контрольной зоне п. ч. землероек сопоставимы с таковыми грызунов. Высокие п. ч. землероек отмечены на берегу озера и на небольшом участке ковыльно-типчаковой степи вдоль лесополосы (от 18,3 до 19,9 экз. на 100 к./с.). Соотношение долей видов мелких млекопитающих на загрязненной территории неравномерное (см. табл. 2). Самый высокий и. д. отмечается для узкочерепной полевки (42,8 %) и степной мышовки (26,4 %). На долю остальных видов приходится 30,8 %. Редко встречаются краснощекий суслик, малая и крошечная бурозубки, полевка-экономка, доля которых состав-

## Видовой состав и индексы доминирования (и. д.) мелких млекопитающих техногенной и контрольной зон

Вид	Техногенная		Контрольная (К <sub>к</sub> )	
	Количество особей	и. д.	Количество особей	и. д.
Насекомоядные (Insectivora)				
Обыкновенная бурозубка ( <i>Sorex araneus</i> L., 1758)	0	0	12	8,7
Тундряная бурозубка ( <i>S. tundrensis</i> Merriam, 1900)	2	2,2	25	18,1
Малая бурозубка ( <i>S. minutus</i> L., 1766)	1	1,1	14	10,2
Крошечная бурозубка ( <i>S. minutissimus</i> Zimmer., 1780)	1	1,1	0	0
Малая белозубка ( <i>Crocidura suaveolens</i> Pall., 1811)	2	2,2	0	0
Грызуны (Rodentia)				
Краснощекий суслик ( <i>Spermophilus erythrogeus</i> , Brandt, 1841)	1	1,1	0	0
Степная мышовка ( <i>Sicista subtilis</i> Pall., 1773)	24	26,4	0	0
Полевая мышь ( <i>Apodemus agrarius</i> Pall., 1771)	0	0	3	2,2
Малая лесная мышь ( <i>A. uralensis</i> Pall., 1811)	3	3,3	2	1,4
Мышь-малютка ( <i>Micromys minutus</i> Pall., 1771)	0	0	7	5,1
Джунгарский хомячок ( <i>Phodopus sungorus</i> Pall., 1773)	6	6,6	0	0
Обыкновенная слепушонка ( <i>Ellobius talpinus</i> Pall., 1770)	2	2,2	0	0
Степная пеструшка ( <i>Lagurus lagurus</i> Pall., 1773)	4	4,4	0	0
Водяная полевка ( <i>Arvicola amphibius</i> L., 1758)	0	0	1	0,7
Узкочерепная полевка ( <i>Microtus gregalis</i> Pall., 1779)	39	42,8	63	45,7
Полевка-экономка ( <i>M. oeconomus</i> Pall., 1776)	1	1,1	6	4,3
Обыкновенная полевка ( <i>M. arvalis</i> Pall., 1779)	5	5,5	0	0
Восточноевропейская полевка ( <i>Microtus levis</i> Miller, 1908 (= <i>M. rossiaemeridionalis</i> Ognev, 1924))	0	0	5	3,6
Всего	91		138	

ляет по 1,1 %. В зоне К<sub>к</sub> также доминирует узкочерепная полевка (45,7 %), но значительную долю в сообществе занимают бурозубки – обыкновенная (8,7 %), тундряная (18,1 %) и малая (10,2 %). Меньшую долю имеют полевая мышь (2,2 %), малая лесная мышь (1,4 %) и водяная полевка (0,7 %).

**Анализ изменения видового богатства по мере приближения к источникам загрязнения.** При сравнении фоновых, буферных и импактных участков, можно увидеть тенденцию уменьшения видового разнообразия по мере приближения к источникам загрязнения. Распределение мелких млекопитающих в зоне техногенного воздействия, независимо от расстояния до заводов, неравномерное. На фоновых участках население представлено 10 видами, а на буферных 4–5. В импактной зоне алюминиевого завода коли-

чество видов шесть, а в зоне электролизного завода отмечен один вид. На фоновых территориях доминируют узкочерепная полевка (54,5 %) и степная мышовка (12,1 %) (табл. 3). На Б<sub>5</sub> алюминиевого завода резко доминирует узкочерепная полевка (84,2 %), а на Б<sub>6</sub> электролизного завода – степная мышовка (42,9 %) и узкочерепная полевка (21,4 %). В населении импактной зоны алюминиевого завода преобладают обыкновенная (36,3 %) и узкочерепная (18,2 %) полевки и малая белозубка (18,2 %). В импактной зоне электролизного завода встречается один вид – степная мышовка (и. д. 100 %), а в буферной и в фоновых зонах ее доля значительно ниже. Узкочерепная полевка имеет самый высокий индекс доминирования в буферной зоне ПАЗ, на всех фоновых участках и К<sub>к</sub>, что, вероятно, связано с предпочитаемым этим видом

## Население (и. д.) мелких млекопитающих на участках техногенной нагрузки

Вид	Зона				
	Фоновая ( $\Phi_7, \Phi_8, \Phi_9, \Phi_{10}$ )	Буферная ( $B_5$ )	Буферная ( $B_6$ )	Импактная ( $I_1, I_2$ )	Импактная ( $I_3, I_4$ )
	и. д.				
Тундряная бурозубка	3,03	5,3	0	0	0
Малая бурозубка	3,03	0	0	0	0
Крошечная бурозубка	3,03	0	0	0	0
Малая белозубка	0	0	0	18,2	0
Краснощекий суслик	0	0	0	9,1	0
Степная мышовка	12,1	0	42,9	0	100
Малая лесная мышь	6,1	0	0	9,1	0
Джунгарский хомячок	9,1	0	14,3	9,1	0
Обыкновенная слепушонка	3,03	0	7,1	0	0
Степная пеструшка	3,03	5,3	14,3	0	0
Узкочерепная полевка	54,5	84,2	21,4	18,2	0
Полевка-экономка	3,03	0	0	0	0
Обыкновенная полевка	0	5,3	0	36,3	0

относительно увлажненным открытым биотопом [Млекопитающие..., 1978]. Уменьшается индекс доминирования узкочерепной полевки в импактной и буферной зонах электролизного завода, а в аналогичной зоне алюминиевого завода она не отмечена. Малая бурозубка встречается только на фоновой и контрольной территориях, а крошечная бурозубка – только на фоновой. Тундряная бурозубка встречается на  $K_K$ , фоновых и буферных участках, но наибольший индекс доминирования отмечается только на контрольной территории [Литвинов и др., 2015]. Выпадение землероек из импактных сообществ обусловлено прежде всего деградацией кормовых ресурсов – почвенных беспозвоночных [Гашев, 2006; Безель, 2006]. Видимо, землеройки чувствительны к загрязнению как консументы более высокого порядка, имеющие к тому же высокий уровень метаболизма. Полевка-экономка отмечена только на фоновых и  $K_K$  площадках. В первую очередь, это обусловлено приуроченностью вида к влажным пойменным биотопам в депрессиях рельефа с древесно-кустарниковой растительностью [Млекопитающие..., 1978]. Обыкновенная полевка и малая белозубка встречаются и преобладают в импактной зоне алюминиевого завода, вблизи жилого района. Обык-

новенная слепушонка наблюдается в фоновой и буферной зонах, и. д. которой составляет 2,2 % (см. табл. 2). Почти все участки техногенной зоны подвергаются интенсивному выпасу скота, следствием чего является низкая численность и редкая встречаемость некоторых видов мелких млекопитающих, в том числе и обыкновенной слепушонки. По некоторым данным, пастбищная депрессия может привести к вымиранию этого вида, ведущему подземный образ жизни [Кучерук, 2006].

**Оценка разнообразия техногенных участков и контрольной зоны.** Высокие показатели индексов разнообразия Симпсона ( $D$ ) и Шеннона ( $H$ ) характерны как для контрольной зоны, так и для участков с техногенной нагрузкой (рис. 2). Индексы выровненности Симпсона техногенных участков значительно ниже, чем в  $K_K$ , так как грызуны и насекомоядные на них распределены неравномерно. Крайне неравномерно заселены импактные и буферные участки, на которых из насекомых встречаются только малая белозубка ( $I_1, I_2$ ) и тундряная бурозубка ( $B_5$ ). Такое соотношение в сообществе мелких млекопитающих показывает, что для животных мало пригодных местообитаний или они имеют низкую численность на данной территории. Известно, что снижение численно-

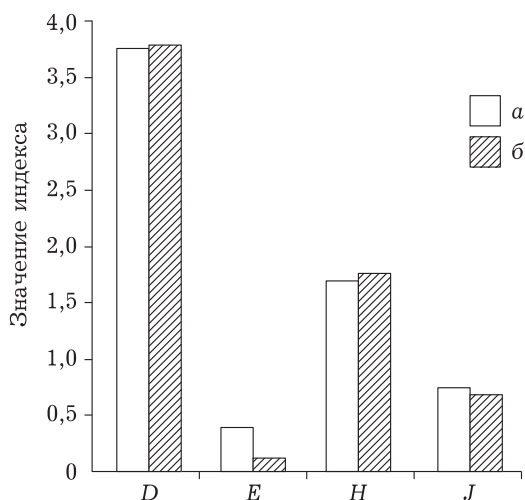


Рис. 2. Значения информационных индексов биоразнообразия и выровненности Симпсона ( $D$  и  $E$ ) и Шеннона ( $H$  и  $J$ ), зоны:  $a$  – контрольная,  $b$  – техногенная

ти, обеднение видового разнообразия мелких млекопитающих происходит по мере приближения к источникам загрязнения [Воробейчик и др., 1994].

Суммарное обилие населения мелких млекопитающих в техногенной и контрольной зонах меняется нелинейно (рис. 3). Самый низкий показатель отмечен в импактной зоне КЭЗ, а в буферной он достигает пика и сравним с контрольным участком. Суммарное обилие в буферной зоне алюминиевого завода выше, чем на фоновых участках КЭЗ и ПАЗ. Буферный участок ПАЗ характеризуется понижением рельефа, густым и высоким травостоем, дающим мелким грызунам и насекомоядным достаточное количество корма и защитных укрытий. Это еще раз подтверждает тот факт, что на подобных немногочисленных микроучастках складываются наиболее благоприятные условия для существования мелких млекопитающих [Мухачева и др., 2010; Мухачева, Давыдова, 2016]. Кроме того, суммарное обилие может отражать характер межвидовых взаимодействий внутри сообществ, при этом реакция разных видов на одни и те же средовые градиенты может оказаться нетождественной [Мухачева и др., 2010]. На буферных участках наблюдается небольшое видовое разнообразие с нарушенной структурой доминирования видов в сообществах.

Таким образом, за один летний период исследования выявлено 18 видов грызунов и насекомоядных: 13 из них отмечено в зоне техногенной нагрузки и 10 в контроле. На участках техногенной нагрузки доминируют в основном два вида – узкочерепная полевка и степная мышовка, а на  $K_K$  – узкочерепная полевка и бурозубки: обыкновенная, тундряная и малая. Большое видовое разнообразие мелких млекопитающих на техногенной территории отмечено и для Среднего Урала [Лукьянова, Лукьянов, 1998]. Исследования, проведенные в районе медеплавильного завода, показали большее количество видов на данной территории по сравнению с контрольной, но в результате деградации естественных ландшафтно-экологических условий уменьшилось суммарное обилие всех видов сообщества.

По мере удаления от источников загрязнения меняется структура населения мелких млекопитающих. На импактных территориях оно характеризуется как малочисленное с обедненным видовым составом и с нарушенным распределением видов в сообществах. В буферных зонах условия для жизнедеятельности мелких млекопитающих более благоприятные, что выражается в относительно высоких показателях суммарного обилия. На фоновых участках показатели численности снижаются, но увеличивается видовое разнообразие. Чем ближе к источникам загрязнения, тем меньше видовое разнообразие. Низкие показатели выровненности в зоне

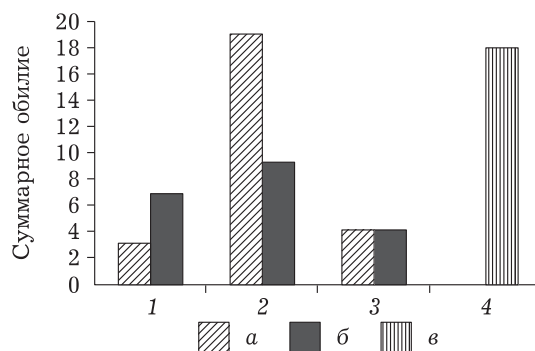


Рис. 3. Изменение индекса суммарного обилия населения мелких млекопитающих в зависимости от расстояния источников загрязнения, зоны: 1 – импактная, 2 – буферная, 3 – фоновая, 4 – контрольная;  $a$  – электролизный завод,  $b$  – алюминиевый завод,  $в$  – Карасукский р-н ( $K_K$ )

техногенной нагрузки свидетельствуют о том, что трансформация среды привела к образованию изолированных поселений или непригодных местообитаний для отдельных видов. Сообщества с высоким уровнем доминирования одного или двух видов отражают нарушения экологической емкости и структурированности среды. На контрольном участке относительно высокое суммарное обилие и распределение большинства видов более выровнено, что говорит, возможно, о меньшем влиянии антропогенной нагрузки. Усредненные индексы видовой разнообразия имеют примерно одинаковые значения в контрольной и техногенной зонах.

На основе проведенного анализа сообществ мелких млекопитающих техногенной и контрольной зон можно сделать следующее заключение. По мере удаления от источников загрязнения увеличивается суммарное обилие; при значительных техногенных нагрузках возрастает уровень доминирования; при умеренной интенсивности техногенной нагрузки увеличивается видовое разнообразие. В силу того, что исследование проводилось один сезон и количество пойманных животных небольшое, для статистической обработки данных потребуются дополнительные материалы.

Работа частично поддержана РФФИ (проекты № 15-29-02479-ОФИ-м, 17-04-00269 а).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Безель В. С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценологический аспекты / под ред. Е. Л. Воробейчика. Екатеринбург: Изд-во "Гощицкий", 2006. 280 с.
- Бескортская Е. С. Воздуха бы глоток // Звезда Прииртышья. 19 ноября, 2014. С. 9.
- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2 т.; пер. с англ. М.: Мир, 1989. Т. 2. 477 с.
- Вилесов Е. Н., Науменко А. А., Веселова Л. К., Аубекеров Б. Ж. Физическая география Казахстана: учеб. пособие / под ред. А. А. Науменко. Алматы: Қазақ университеті, 2009. 362 с.
- Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ "Наука", 1994. 280 с.
- Гашев С. Н. Зооиндикаторы в системе регионального экологического мониторинга Тюменской области: методика использования. Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2006. 132 с.
- Дупал Т. А. Популяционная динамика и изменения структуры сообщества мелких млекопитающих Северной Кулунды // Зоол. журн. 2008. Т. 87, № 5. С. 609–613.
- Дупал Т. А. Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. Гл. 9: Млекопитающие. С. 234–239.
- Ермиенко А. В. Влияние деятельности электролизного завода на экологическую обстановку Павлодарского района (Республика Казахстан): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Омск, 2010. 18 с.
- Кучерук В. В. Избранные труды. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. 523 с.
- Леонова Ю. М. Антропогенная трансформация растительности в зоне влияния промышленных объектов г. Павлодара: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Алматы, 2010. 26 с.
- Литвинов Ю. Н., Дупал Т. А., Ержанов Н. Т., Абылханов Т. Ж., Сенотрусова М. М., Моролдоев И. В., Абрамов С. А. Особенности организации сообществ землероек открытых ландшафтов Сибири и Северного Казахстана // Сиб. экол. журн. 2015. № 2. С. 259–267 [Litvinov Yu. N., Dupal T. A., Erzhanov N. T., Abylkhassanov T. Zh., Senotrusova M. M., Moroldoev L. V., Abramov S. A. Aspects of shrew community organization in open landscapes of Siberia and Northern Kazakhstan // Contemporary Problems of Ecology. 2015. N 2. P. 259–267].
- Литвинов Ю. Н. и др. Сообщества и популяции животных: экологический и морфологический анализ. Новосибирск; Москва: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 256 с. (Тр. Ин-та систематики и экологии животных СО РАН, вып. 46).
- Лукьянова Л. Е., Лукьянов О. А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия. I. Сообщества // Успехи соврем. биологии. 1998. Т. 118, вып. 5. С. 613–622.
- Методы экологического мониторинга: большой специальный практикум: учеб. пособие / отв. ред. Т. А. Радченко. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та, 2005. 236 с.
- Млекопитающие Казахстана: в 4 т. Алма-Ата: Изд-во Наука КазССР, 1978. Т. 1, ч. 3. 492 с.
- Мухачева С. В. Особенности питания рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*, Shreber, 1780) в условиях техногенного загрязнения среды обитания // Сиб. экол. журн. 2005. № 3. С. 523–533.
- Мухачева С. В., Давыдова Ю. А., Кшняев И. А. Реакция населения мелких млекопитающих на загрязнение среды выбросами медеплавильного производства // Экология. 2010. № 6. С. 452–458.
- Мухачева С. В., Давыдова Ю. А. Население мелких млекопитающих импактных территорий: важность учета ландшафтно-экологического разнообразия // Принципы экологии. 2016. Т. 5, № 3. С. 103.
- Панин М. С., Гельдымамедова Э. А. Эколого-геохимическая характеристика почв г. Павлодара Республики Казахстан // Вестн. Том. гос. ун-та. 2006. № 292. С. 171–177.
- Соломатин А. О. Рыбы и наземные позвоночные Павлодарского Прииртышья: полевой определитель-справочник. Павлодар: ПГПИ, 2007. 198 с.
- Чибирияк М. В. Популяция домовый мыши в условиях техногенного загрязнения среды фтором: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1996. 22 с.



- O'Brien D. J., Kaneene J. B., Poppenga R. H. The use of mammals as sentinels for human exposure to toxic contaminants in the environment // *Environ. Health Perspectives*. 1993. Vol. 99. P. 351–368.
- Espinosa-Reyes G., Gonzalez-Mille D. J., Ilizaliturri-Hernandez C. A. et al. Effect of mining in biotic communities of villa de la Paz San Luis Potosi, Mexico // *BioMed Res. Int.* 2014. Article ID 13 p. doi: org/10.1155/2014/65046.
- Fritsch C., Cœurdassier M., Giraudoux P., Raoul F., Douay F., Rieffel D., de Vaufleury A., Scheifler R. Spatially explicit analysis of metal transfer to biota: Influence of soil contamination and landscape // *PLoS One*. 2011. Vol. 6, N 5. P. 1–16. doi:10.1371/journal.pone.0020682.
- Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference / ed. D. E. Wilson, D. M. Reeder. 3rd ed. Johns Hopkins University Press, 2005. Vol. 2. 142 p. URL: <http://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/>.
- Rodriguez-Estival J., Smits J. T. G. Small mammals as sentinels of oil sands related contaminants and health effects in northeastern Alberta, Canada // *Ecotoxicol. and Environ. Safety*. 2016. N 124. P. 285–295.

## **Preliminary Analysis of Changes in Structure of Small Mammal Communities under the Influence of the Industrial Pollution in the Northern Kazakhstan Region**

T. A. DUPAL<sup>1</sup>, Z. M. SERGAZINOVA<sup>2</sup>, N. T. ERZHANOV<sup>2</sup>, Yu. N. LITVINOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS  
630091, Novosibirsk, Frunze str., 11  
E-mail: gf@eco.nsc.ru; litvinov@eco.nsc.ru*

<sup>2</sup> *Toraigyrov Pavlodar State University  
637034, Pavlodar, Lomova str., 64  
E-mail: wwvsm@mail.ru; dirni@mail.ru*

The new data on the small mammal communities in the industrial area near Pavlodar (Northern Kazakhstan) are presented in this article for the first time. The comparative analysis of the diversity characteristics of the small mammal communities in the areas of technological environmental impact, and the reference area was performed. It is shown that the total abundance increases with the distance from the pollution sources. The community of small mammals in a territory with a significant anthropogenic pressure is characterized by depleted species composition and the monodominant structure. With a moderate intensity of anthropogenic load, species diversity increases, but the number of individual species decreases due to fragmentation of habitats.

**Key words:** rodents, insectivores, community, species abundance, dominance structure, industrial pollution, Northern Kazakhstan.