

УДК 599.32+504.5:669.2/.8(480)

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ» (ХАРЬЯВАЛТА, ФИНЛЯНДИЯ)

Мухачева С.В.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: msv@ipae.uran.ru

Исследовано влияние выбросов комбината «Норильский никель» (г. Харьявалта, Финляндия) на население мелких млекопитающих. В условиях промышленного загрязнения изменяются состав и численность животного населения. Выявлена нелинейность реакции населения мелких млекопитающих на воздействие.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, структура населения, относительное обилие, никелеплавильный завод

CHANGES OF SMALL MAMMALS COMMUNITIES AROUND A NICKEL-COPPER SMELTER (HARJAVALTA, FINLAND)

Mukhacheva S.V.

*Institute of Plant and Animal Ecology of Ural Division of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, e-mail: msv@ipae.uran.ru*

Analysis of the effects of emissions from nickel-copper smelter (Harjavalta, Finland) on the small mammals communities has shown that its abundance and population structure changes under industrial pollution. The «dose-effect» pattern of community response to this impact is nonlinear.

Keywords: small mammals, population structure, abundance, industrial pollution, nickel-copper smelter

Промышленное загрязнение способно существенно изменять структуру и функции наземных экосистем, при этом наиболее жесткое влияние на биоту оказывают предприятия цветной металлургии [1, 8].

Для оценки степени нарушений окружающей среды в качестве индикаторов часто используют мелких млекопитающих (ММ) – мышевидных грызунов и мелких насекомых – наиболее информативную среди млекопитающих группу, чутко и оперативно реагирующую на разнообразные изменения в наземных экосистемах. Изучение реакции животного населения в конкретных условиях позволяет оценить его устойчивость к загрязнению определенного типа и эффективность механизмов саморегуляции. Сравнительный анализ данных, полученных в разных условиях, помогает выявить закономерности изменения наземных экосистем под действием промышленного загрязнения.

На протяжении длительного периода нами детально изучается реакция населения ММ в зоне действия медеплавильных предприятий на Среднем и Южном Урале [3-6]. Показано, что сообщества ММ реагируют сходным образом, наблюдаемые изменения укладываются в рамки гипотезы «промежуточных нарушений», а выявленные отличия связаны с продолжительностью воздействия предприятий и ландшафтно-климатическими особенностями территорий.

Цель работы – изучить изменения населения ММ в зоне действия крупного предприятия цветной металлургии, расположенного в окрестностях г. Харьявалта (Финляндия).

Материалы и методы исследования

Характеристика источника выбросов. Исследования проводили в зоне действия крупного предприятия цветной металлургии (с 2007 г. ЗАО «Норильский никель»), расположенного в западной Финляндии в 170 км к северо-западу от Хельсинки. Исходно (с 1944 г.) предприятие функционировало как медеплавильный завод, позже (с 1960 г.) было налажено производство никеля, серной кислоты, удобрений. Модернизация производства привела к существенному снижению объемов выбросов, с 2003 г. предприятие исключено из списка «горячих точек» Балтийского региона [10]. Ежегодный объем выбросов сернистого ангидрида снизился в 10 раз (с 30–35 тыс. т. в 1945–47 гг. до 2.9–3.4 тыс. т. после 2000 г.), а пыли, с сорбированными в ней тяжелыми металлами – в 20 и более раз (с 1.1–1.8 тыс. т в 1980-х гг. до 0,05 тыс. т в 2000–2005 гг.). В зоне действия комбината ММ исследовались эпизодически, данные о составе и численности населения отсутствуют.

Характеристика участков исследования. Исследованная территория находится в зоне северной тайги, основной тип растительности – сосновые леса. Выделено 10 участков, расположенных на разном расстоянии и в разных направлениях от источника эмиссии. В зависимости от уровня загрязнения промышленными выбросами участки были отнесены к фоновой (условно чистой, 10–11 км), буферной (умеренно загрязненной, 3–6 км) или импактной (сильно загрязненной, 1–2 км) зоне. Так, концентрация меди в лесной подстилке превышала фоновые значения на буферных участках в 2–9 раз, в импактной зоне – в 20–45 раз. Особенность ведения лесного хозяйства в Финляндии – максимальное использование древесины, вследствие чего на всех изученных участках отсутствовали традиционные для ММ укрытия (упавшие стволы, валежник), что оказало существенное влияние

на численность и видовой состав животных даже при наличии достаточного количества кормовых ресурсов.

Отлов мелких млекопитающих. Проводили одновременно на 10 участках в сентябре 2010 г. по окончании сезона массового размножения. На каждом участке случайным образом устанавливали по 3 линии ловушек-плашек (25 шт. через 5–7 м), которые экспонировали в течение 3 суток с однократной проверкой. У добытых животных определяли вид, пол, репродуктивно-возрастное состояние. Отработано 2250 ловушко-суток, добыто 75 особей. Для характеристики населения использовали данные о видовом составе, доле участия видов и их относительном обилии (количестве особей на 100 ловушко-суток). Для анализа данных применяли стандартные статистические методы. Структуру населения анализировали с помощью таблиц сопряженности и нелинейной регрессии, для оценки различий использовали критерий χ^2 .

Результаты исследования и их обсуждение

В районе исследований отмечено 5 видов ММ (3 вида грызунов, 2 – бурозубок).

Структура населения мелких млекопитающих в районе исследования

Исследованные показатели	Зона загрязнения		
	фоновая	буферная	импактная
Удаление от завода, км	10–11	3–6	1–2
Обследовано участков	2	4	4
Отработано ловушко-суток	450	900	900
Зарегистрировано видов	3 (1–2)	5 (0–4)	3 (0–1)
Отловлено животных, экземпляров	21 (1–7)	45 (0–10)	9 (0–5)
в том числе:			
Обыкновенная бурозубка (<i>Sorex araneus</i>)	4 [19]	16 [36]	3 [30]
Средняя бурозубка (<i>Sorex caecutiens</i>)	–	1 [2]	–
Желтогорлая мышь (<i>Apodemus flavicolis</i>)	1 [5]	3 [7]	1 [10]
Обыкновенная полевка (<i>Microtus arvalis</i>)	–	6 [13]	–
Рыжая полевка (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	16 [76]	19 [42]	5 [60]
Суммарное обилие, экз./100 ловушко-суток	4.7 (1.3–9.3)	5.0 (0–13.3)	1.0 (0–6.7)
Индекс Шеннона, H	0.68	1.25	0.90
Индекс Симпсона, S	0.39	0.67	0.54

Приведено общее количество видов/экземпляров, зарегистрированных в зоне, в круглых скобках – диапазон изменений (минимальное/максимальное значения), в квадратных скобках – доленое участие вида (в %) в населении; учетная единица – 1 линия из 25 ловушек.

Сходным образом в градиенте загрязнения изменялась и численность животных. Крайне низкое суммарное обилие характерно для населения импактных территорий, максимальные значения регистрировали в буферной зоне, промежуточные – на фоновых участках (таблица). Парные контрасты значимы между зонами: импактная/буферная – $\chi^2(1)=23.31$, импактная/фоновая – $\chi^2(1)=17.557$.

Зависимость индекса обилия ММ от расстояния до завода хорошо аппроксимируется ($R^2=0.862$) нелинейной функцией $y=0,09/[1+(x/3,21)^{2,38}]$. Переход между импактным и фоновым состоянием достаточно резкий, ступень на кривой соответствует удалению 5–7 км.

В фоновой и импактной зонах население представлено 3 видами, в буферной – 5 (таблица). Анализ таблиц сопряженности не выявил значимых различий в структуре населения сравниваемых территорий. Во всех зонах в качестве доминанта выступает рыжая полевка, относительно многочисленными в населении являются мелкие насекомоядные. Во всех зонах встречается желтогорлая мышь, доля которой в населении уменьшается при удалении от источника эмиссии. Кроме того, в зоне умеренного загрязнения отмечали обыкновенную полевку.

Для показателей разнообразия сравниваемых сообществ также отмечали нелинейные изменения (с максимумом в буферной зоне), но значимыми отличия были лишь между буферной и фоновой зонами.

На всех исследованных территориях животные размещены крайне неравномерно. Так, в импактной зоне зверьки отмечались лишь на 1/3 обследованной территории, в буферной – на 80 % площади, в фоновой – на всей территории, но локальная численность животных на отдельных линиях отличалась в 7 раз. Подобная неоднородность характерна и для видового состава животных, отловленных на разных линиях в пределах конкретного участка (рис. 1).

Согласно сложившимся представлениям на территориях, расположенных в зоне интенсивного воздействия промышленных предприятий, в том числе металлургических, постоянное население ММ отсутствует [7–9].

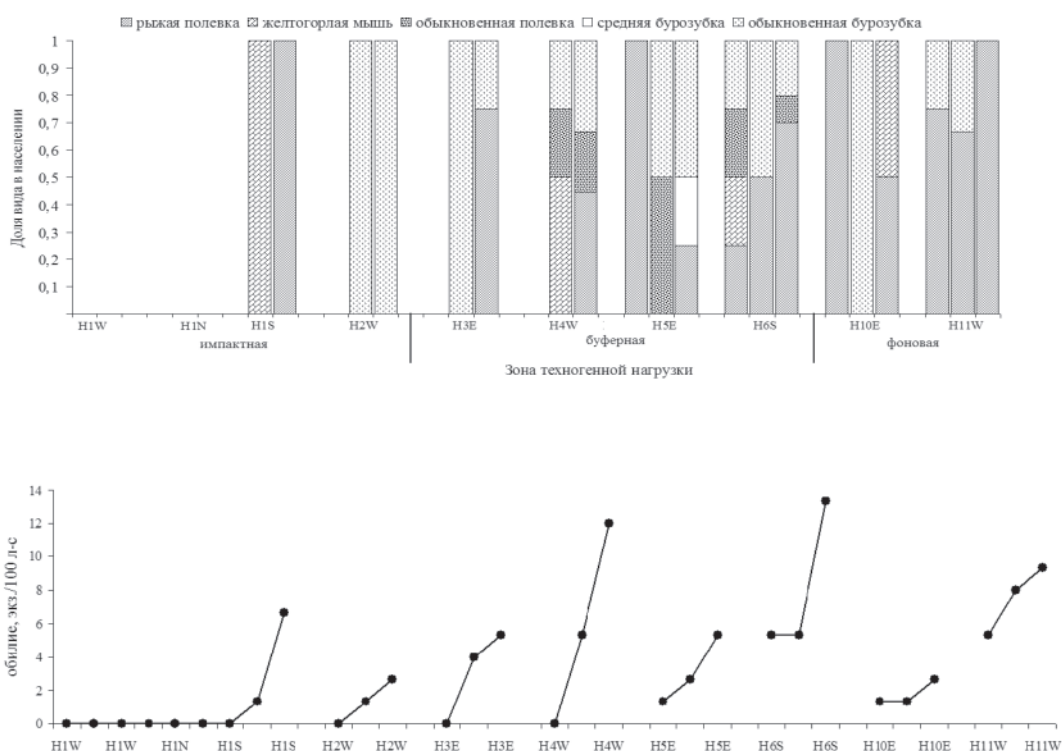


Рис. 1. Видовой состав и относительное обилие ММ на исследованных участках

Наши исследования показали, что подобное состояние характерно лишь для зоны «техногенной пустоши», совершенно непригодной для обитания зверьков. В импактной зоне, как правило, имеются немногочисленные (до 5% общей площади) микроучастки, где складываются условия, пригодные для обитания отдельных видов животных в течение полного жизненного цикла [4–6]. Так, все рыжие полевки, отловленные вблизи завода (1 км),

были локализованы на площади около 0.1 га. Именно здесь отмечались поваленные деревья, небольшие кучи валежника и куртины травянистой растительности. При этом локальная численность зверьков (6.7 экз./100 лов.-сут.) была сопоставима с фоновыми и буферными значениям (рис. 1). В тоже время отсутствие укрытий при обилии корма, вероятно, было одной из причин относительно низкой численности ММ на фоновых участках.

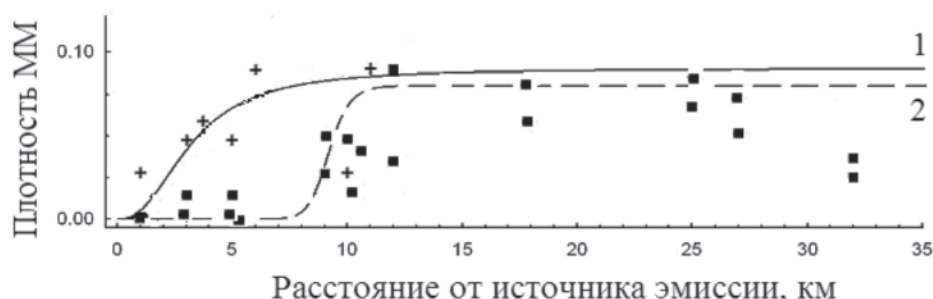


Рис. 2. Изменение численности населения ММ в зависимости от расстояния до источников эмиссии:

1 – «Норильский никель» (Харьявалта), 2 – Карабаишский медеплавильный завод (Южный Урал)

Особого внимания заслуживает ярко выраженной нелинейность реакции населения ММ в градиенте техногенного загрязнения среды (рис. 2). Форма кривой соответствует классической пороговой зависимости доза-эффект. Ранее подобная реакция на загрязнение среды была показана как для сообществ ММ [5], так и для других компонентов лесных экосистем [1, 2].

Таким образом, воздействие факторов техногенной природы приводит к изменению численности и структуры населения ММ. Показатели видового разнообразия и численности изменяются в градиенте загрязнения нелинейно, достигая максимальных значений в буферной зоне. Качество местобитаний становится удовлетворительным для большинства видов ММ на расстоянии 5–7 км от факела выбросов. Согласно гипотезе «промежуточных нарушений» данный источник эмиссии оказывает на население ММ незначительное воздействие.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 08-04-91766, 12-05-00811), Программы развития научных школ (НШ-5325.2012.4), Президиума РАН (программа 12-П-4-1026) и УрО РАН (программа 12-М-23457-2041). Автор выражает признательность М.В. Козлову и М.П. Золотареву за помощь в организации и проведении полевых исследований.

Список литературы

1. Воробейчик Е.Л. Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2003. 48 с.
2. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. – Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. – 280 с.
3. Мухачева С.В. Экотоксикологические особенности и структура населения мелких млекопитающих в градиенте техногенного загрязнения среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Екатеринбург, 1996. – 26 с.
4. Мухачева С.В. Особенности пространственно-временного размещения населения рыжей полевки в градиенте техногенного загрязнения среды обитания // Экология. 2007. № 3. С. 178–184.
5. 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.
6. Мухачева С.В., Давыдова Ю.А., Воробейчик Е.Л. Роль гетерогенности среды в сохранении разнообразия мелких млекопитающих в условиях сильного промышленного загрязнения // ДАН. Серия биологическая. 2012. Т. 447. № 1. С. 106–109.
7. Степанов А.М., Кабиров Р.Р., Черненко Т.В. и др. Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги. – М.: ЦЕПЛ, 1992. – 246 с.
8. Kataev G.D., Suomela J., Palokangas P. Densities of microtine rodents along a pollution gradient from a copper-nickel smelter // Oecologia. 1994. № 97. P. 491–498.
9. Kozlov M.V., Zvereva E.L., Gilyazov A.S., Kataev G.D. Contaminated zone around a nickel-copper smelter: a death trap for birds and mammals? // Trend in biodiversity research. New York: Nova Science, 2005. P. 81–101.
10. Kozlov M.V., Zvereva E.L., Zverev V.E. Impact of point pollutants on terrestrial biota. Comparative analysis of 18 contaminated areas. Dordrecht et al.: Springer, 2009. 500 p.