

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ И СООБЩЕСТВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Г. Д. Катаев

Лапландский государственный природный биосферный заповедник, Россия
e-mail: kataev105@yandex.ru

Поступила в редакцию: 07.02.2017

Изучено состояние населения мелких млекопитающих *Micromammalia* в центральной горно-таежной части Кольского полуострова, обитающих на территории Лапландского заповедника и его охранной зоны. С этой целью были выделены контрольные группы животных на разном расстоянии от крупнейшего в Европе металлургического предприятия по выпуску никеля, меди и других цветных металлов – ОАО «Комбинат Североникель». Место проведения работ находится в 4–30 км от локального источника промышленного загрязнения. Проведенное сравнение результатов динамики численности, фаунистического состава и биологических показателей массовых видов землероек *Sorex* и полевок *Microtinae* выявило различия по местообитанию относительно комбината. Проанализированы данные химического анализа проб органов и тканей фоновых видов мелких грызунов, их морфофизиологические и генетические характеристики по факелу рассеяния загрязнителей. На расстоянии 5 км на север и 7 км на юг от комбината показатели численности изученных видов *Mammalia* были минимальными. По результатам проведенного сравнения установлено, что животные, существующие в зоне повышенной концентрации промышленных выбросов (диоксид серы, соединения тяжелых металлов) имели наибольшие отклонения от биологических норм, установленных для тех же видов из районов, менее загрязненных. Показана многолетняя динамика численности (1936–2014 гг.) рыжей полевки *Clethrionomys glareolus* в связи с новой экологической ситуацией в регионе – сокращением объемов выбросов диоксида серы ОАО «Комбинат Североникель». Апробированный метод биотестирования, где в качестве объектов исследования использовались млекопитающие, может быть применен при разработке критериев экологически безопасного уровня производства тяжелых металлов и распространен при изучении аналогичных экологических ситуаций.

Ключевые слова: биоиндикаторы, горно-металлургическое предприятие, млекопитающие, мониторинг, патология, тяжелые металлы, экотоксикология

Введение

Интенсивное развитие промышленности на Кольском полуострове сопряжено с загрязнением окружающей природной среды. В окрестностях металлургических предприятий многие виды животных реагируют на техногенное воздействие, но несомненный приоритет в изучении экологических последствий принадлежит популяциям млекопитающих (Bolshakov et al., 2001; Безель, 2006). В результате значительного объема выбросов (диоксида серы до 288 тыс. т пыли до 11 тыс. т в год) и их хронического воздействия часть природных экосистем на восточном макросклоне Мончетундры стала терять свои первоначальные качества (Крючков, Сыроид, 1984). Вслед за повреждением деревьев и древостоев, а иногда и параллельно этому процессу, отмечены структурные изменения в мире животных (Катаев, 1984; Катаев et al., 1994). Точечный источник загрязнения – металлургический комплекс «Североникель» – сформировал локальный биологический мониторинг – систему наблюдения, оценки и прогнозирования состояния компонентов среды.

Наши исследования рассматривают сообщество мелких млекопитающих как единый биологический объект. Мышевидные грызуны, являясь фитофагами, потребляют до 30–40% первичной продукции травянистой растительности и, таким образом, обеспечивают транспорт токсичных элементов в наземных экосистемах от почвы и растительности к хищным животным. Региональные загрязнители воздействуют на млекопитающих, как опосредованно через состояние растений, почву и кормовые ресурсы, так и непосредственно, в качестве биохимических агентов нарушающих структуру клеток, физиологический процесс и жизнедеятельность организма (Безель, 2006). Исследование аккумулятивных биоиндикаторов было связано с определением концентрации загрязнителей в объекте. Исследование реактивных биоиндикаторов выявляло реакцию объекта на загрязнение. Различные виды млекопитающих, накапливая токсичные вещества в своем организме, тем самым распространяют их на каждом последующем пищевом уровне. Поступление металлов и их соединений в ор-

ганизм полевок происходит главным образом с пищей и питьевой водой. Кроме энтерального, имеются и другие пути поступления ингредиентов выбросов в организм млекопитающих, которыми можно пренебречь. Необходимо учитывать, что общее загрязнение животных зависит от сезона, половозрастных особенностей и уровня обмена веществ у данного вида.

Использование животных в системе контроля качества окружающей природной среды служит существенным дополнением инструментальных методов и широко применяется в природоохранных и гигиенических аспектах изучения проблемы антропогенного воздействия (Лукиянова и др., 1994; Безель, 2006). Изученная группа животных обладает широкой распространенностью и в течение своей короткой жизни суммирует все биологически важные данные о состоянии окружающей их природной среды.

С 1994 г. объемы выбросов загрязняющих веществ на комбинате «Североникель» сократились с 256700 до 54700 т в год (Ежегодник..., 2009). Это не могло не сказаться на улучшении природной обстановки вокруг комбината и, в частности, на состоянии животного населения. Так, например, впервые за долгие годы на фоне сокращения объемов промышленных выбросов вблизи комбината «Североникель» начали регистрироваться землеройки (Катаев, 2005). Этот факт можно рассматривать как положительный отклик этих животных на резкое снижение аэротехногенной нагрузки в регионе.

Материал и методы

Материалы получены на территории Лапландского заповедника и охранной зоны по восточной его границе. Сравнительное исследование диких млекопитающих проводили относительно комбината «Североникель» в северном, южном и западном направлениях. Маршруты были ориентированы вдоль автодороги Санкт-Петербург – Мурманск, по градиенту загрязнения экосистем промышленными выбросами комбината, который расположен на траверсе 1258 км автодороги.

При точечном источнике атмосферного загрязнения степень техногенной нагрузки на состояние популяций диких млекопитающих зависит от расстояния, розы ветров, пространственного расположения и рельефа местности. С учетом этих обстоятельств, проведено сравнение между собой данных, полученных

на стационаре Ельнюн (67°39' N, 32°36' E) в 29 км на юг от комбината «Североникель» и Сылпуай (67°54' N, 32°10' E) в 30 км на запад от него. Место расположения первой станции находится в зоне частично нарушенных экосистем (опыт), вторая – в зоне ненарушенных экосистем (контроль). Характер антропогенного воздействия по своему влиянию на природный комплекс обнаруживает пространственный градиент (Крючков, Сыроид, 1984). Если Ельнюн не защищен от преобладающего направления ветров, то Сылпуай находится за высоким хребтом Чунатундры (от 680 до 1114 м н.у.м.) и ветры со стороны от комбината здесь не так часты. Оба стационара представляют собой постоянные линии ловушек Геро ориентированные вдоль юго-восточного (Ельнюн) и восточного (Сылпуай) склонов Чунатундры и Ньякватундры, соответственно. Выбор районов для изучения животных осуществлен на основе аналогичности ландшафтных, почвенных и геоботанических характеристик – они представлены северо-таежными елово-березовыми кустарничково-зеленомошными лесами. В градиенте загрязнения состояние растительности меняется. На территории, примыкающей к источнику загрязнения, встречаются усыхающие и гибнущие сосны, ели и березы. Редко присутствует погибающий подрост предыдущих десятилетий. Ландшафт похож на лесотундровое редколесье с чередованием гнезд низкорослых берез. Кустарники – ива, осина, рябина и можжевельник угнетены, а травяно-кустарничковый покров из вереска, толокнянки, голубики, брусники, вороники, черники и других представлен отдельными куртинами. Мхи и лишайники встречаются отдельными отмирающими пятнами. Эпифитные лишайники и сфагновые мхи погибли. Далее от комбината наблюдается постепенный переход через угнетенные елово-березовые редколесья к деградирующим ельникам черничникам и смешанным редкостойным елово-березовым лесам с примесью сосны и осины (Крючков, Сыроид, 1984).

Эффект токсического влияния на животных исследовали на уровне популяций млекопитающих по их структуре и особенностям функционирования и на уровне организма по совокупности физиологического состояния и содержания техногенных загрязнителей в тканях и органах. В 1980 г., когда уровень химического загрязнения от комбината был значительным, проводились одновременные сравнительные

генетические исследования полевки-экономки *Microtus oeconomus* Pallas, 1776 со стационара Ельнюн и района ближайшего к комбинату. К 1998–2002 гг. произошло сокращение количества выбросов и важно было определить состояние *Micromammalia* в новой экологической ситуации (Ежегодник..., 1998, 2009).

У перезимовавших *Clethrionomys rufocanus* Sundervall, 1846, отловленных во время осенних учетных работ, определяли относительную массу внутренних органов с изучением экстерьерных и интерьерных показателей и популяционной структуры (Шварц и др., 1968). Для генетического и цитогенетического сравнения исследовали митотическую активность клеток костного мозга, селезенки и роговицы глаза. Пролиферативную активность клеток определяли по величине митотического индекса, для изучения которого просматривали по 5000 клеток и вычисляли число митозов, приходящихся на 1000 клеток в кроветворных тканях. В эпителии роговицы глаза для определения митотической активности анализировали от 50000 до 100000 клеток и митотическую активность выражали в промилле. Частоту aberrантных клеток определяли среди 100 клеток, находящихся в стадии поздней анафазы и ранней телофазы (Гольдман, Смертенко, 1969). Учеты численности мелких млекопитающих проводили стандартными методами ловушко-линий

и стандартных 50-метровых ловчих траншей (Кучерук, 1963). Концентрацию гемоглобина в крови определяли по Сали.

Всего при исследовании зарегистрировано восемь видов мелких млекопитающих. Отработано: ловушко-суток 1428, ими учтено 576 экз. и 90 канавко-суток, ими учтено 114 экз. животных. Было проанализировано 68 биопроб органов и тканей красно-серой полевки. Определение концентрации металлов проводилось с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра (AAS) (Perkin Elmer Model 560) с пламенным вариантом атомизации. Работы велись в Аналитическом испытательном центре Научно-исследовательского института химии Санкт-Петербургского государственного университета, сертификат № РОСС RU.0001. 510474. При статистической обработке материала пользовались общепринятыми методиками (Рокицкий, 1961).

Результаты

В табл. 1 представлены для сравнения сведения, характеризующие состояние населения млекопитающих на стационарах Сылпуай и Ельнюн. Среди зарегистрированных на Сылпуае трех видов лесных полевок *Clethrionomys* самой многочисленной была красная *Cl. rutilus*, за ней следуют красно-серая *Cl. rufocanus* и рыжая *Cl. glareolus* полевки.

Таблица 1. Сравнительные данные по численности и видовому составу населения мелких млекопитающих на стационарах Сылпуай / Ельнюн за популяционный цикл 1998–2002 гг.

Table 1. Number and biodiversity of small mammal communities of the explored area Sylpuay / Elnyun over 1998–2002 population cycle

Параметры	Годы					
	1998	1999	2000	2001	2002	Всего
Год проведения учета						
Показатель на 100 ловушко-суток	25.3/21.8	38.0/4.2	8.3/5.8	16.1/15.4	24.4/20.0	21.3/13.3
Добыто по видам:						
<i>Clethrionomys rufocanus</i> , экз.	26/108	33/9	10/3	9/21	21/76	99/217
Показатель на 100 ловушко-суток	8.7/21.6	16.5/1.8	3.3/0.6	3.0/4.2	7.0/15.2	7.1/8.7
<i>Clethrionomys glareolus</i> , экз.	7/0	15/0	3/0	8/0	23/6	56/6
Показатель на 100 ловушко-суток	2.3/0.0	7.5/0.0	1.0/0.0	2.7/0.0	7.7/1.2	4.0/0.24
<i>Clethrionomys rutilus</i> , экз.	43/0	24/0	10/0	29/2	26/3	132/5
Показатель на 100 ловушко-суток	14.3/0.0	12.0/0.0	3.3/0.0	9.7/0.0	8.7/1.2	9.4/0.2
<i>Microtus agrestis</i> , экз.	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	1/0
Показатель на 100 ловушко-суток	0.0/0.0	0.5/0.0	0.0/0.0	0.0/0.0	0.0/0.0	0.1/0.0
<i>Myopus schisticolor</i> , экз.	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1
Показатель на 100 ловушко-суток	0.0/0.0	0.0/0.0	0.0/0.0	0.0/0.0	0.0/0.2	0.0/0.04
<i>Sorex araneus</i> , экз.	0/0	3/8	2/18	2/30	3/10	10/66
Показатель на 100 ловушко-суток	0.0/0.0	1.5/1.6	0.7/4.0	0.7/6.0	1.0/2.0	0.7/2.6
<i>Sorex caecutiens</i> , экз.	0/0	0/3	0/6	0/24	0/3	0/36
Показатель на 100 ловушко-суток	0.0/0.0	0.0/0.6	0.0/1.2	0.0/4.8	0.0/0.6	0.0/1.4
<i>Sorex minutus</i> , экз.	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/3
Показатель на 100 ловушко-суток	0.0/0.2	0.0/0.2	0.0/0.0	0.0/0.0	0.0/0.2	0.0/0.1

На стационаре Ельнюн (табл. 1) отмечено семь видов мелких млекопитающих. Здесь обилие сравниваемых видов уменьшается так: красно-серая, рыжая и красная полевки. Доминируют на стационаре Сылпуай красная, а на Ельнюне – красно-серая полевки. Показатель численности рыжей полевки на стационаре Сылпуай оказался в 16.7 раза выше по сравнению с Ельнюном (табл. 1). Суммарный показатель численности зарегистрированных видов мелких млекопитающих за популяционный цикл на обоих стационарах был примерно равным.

Были изучены демографические параметры и потенциал размножения красно-серых полевок, обитающих по градиенту загрязнения (табл. 2). Полученные данные характеризуют состояние вида в фазе популяционного пика численности, зарегистрированного в 1998 г.

В сообществах красно-серых полевок импактной зоны зимовавшие особи в августе отсутствовали, а доля неполовозрелых сеголетков была самой низкой (табл. 2). Половой состав в фазе пика численности вида был значительно нарушен в пользу самцов, почти во всех наблюдаемых пунктах. В населении красно-серых полевок был исследован потенциал размножения половозрелых самок сеголетков. Фактическая плодовитость на всех станциях мониторинга оказалась ниже потенциальной. Определено, что величина резорбции эмбрионов у особей, существующих вблизи источника загрязнения, была в 7.7 раза выше по сравнению с контролем (табл. 2).

По мере удаления от комбината доля неполовозрелых сеголетков увеличивается. Сравнительная характеристика процесса размножения полевок показала уменьшение количества потомства у зимовавших самок, обитающих вблизи комбината «Североникель». Если самки со стационара Ельнюн приносят до трех выводков за сезон размножения, то на ближайших к комбинату станциях – один, редко два помета. В техногенной зоне, как правило, третья позднелетняя генерация у красно-серой полевки отсутствует.

Материал по химической экологии собирался от красно-серых полевок, самцов половозрелых. Определяли концентрацию в органах и тканях животного таких приоритетных загрязнителей как медь и никель (табл. 3).

При изучении характера распределения различных элементов в организме красно-серой полевки выяснилось, что наибольшие концентрации основных загрязняющих веществ оказались сосредоточенными в желудке с содержимым, печени и почках, а меньше всего металлов содержали мышечная ткань и семенники.

Морфофизиологическая характеристика половозрелых особей красно-серых полевок, отловленных при учетных работах в августе – сентябре 1998 г., давалась на основе сравнительного изучения относительной массы внутренних органов. Из представленных данных (табл. 4) видно, что у взрослых самцов, существующих рядом с комбинатом, по сравнению с особями, обитающими значительно дальше от него, индекс селезенки был выше.

Таблица 2. Популяционная характеристика населения красно-серой полевки на различном удалении от источника загрязнения

Table 2. Population characteristics of *Clethrionomys rufocanus* at a different distance from the pollution source

Экологические параметры	Расстояние до источника загрязнения (км); азимут (градусы)				
	30.0; 255	29.0; 195	22.5; 185	19.0; 185	4.0; 210
Соотношение полов, %					
самцы	60	64	54	42	58
самки	40	36	46	58	42
Зимовавшие, %	15.9	12.4	7.6	–	–
Сеголетки, %					
половозрелые	32.8	24.4	39.8	68.4	73.2
неполовозрелые	67.2	75.6	61.2	31.6	26.8
Фактическая плодовитость	5.7 ± 0.2	5.6 ± 0.2	5.7 ± 0.3	5.5 ± 0.2	4.2 ± 0.1
Потенциальная плодовитость	6.0 ± 0.2	6.2 ± 0.1	6.1 ± 0.1	7.1 ± 0.3	6.3 ± 0.3
Резорбция эмбрионов, %	3.64	4.21	8.03	18.13	32.68
Обилие, экз. / 10 канавко-суток	16.6	20.0	13.3	6.7	6.7
Количество исследованных особей	30	36	24	12	12

Таблица 3. Сведения о концентрации тяжелых металлов в органах и тканях красно-серой полевки *Clethrionomys rufocanus* на различном удалении от источника загрязнения, 1998 г. (концентрации Cu и Ni, мг/кг абсолютно сухого вещества)**Table 3.** Information about concentration of heavy metals in organs and tissues of *Clethrionomys rufocanus* at a different distance from the pollution source, 1998 (the concentration of Cu and Ni, mg/kg absolutely dried substance)

Органы и ткани	Расстояние до источника загрязнения (км); азимут (градусы)							
	30.0; 255		29.0; 195		19.0; 185		4.0; 210	
	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni
Печень	14.3	0.6	16.9	0.3	18.7	0.4	28.9	2.9
Почки	24.0	0.3	19.4	0.3	28.1	0.4	27.4	1.1
Кости черепа	21.8	0.4	24.0	0.5	19.4	1.5	72.0	4.9
Железы	11.1	1.0	10.3	0.5	16.9	0.3	16.0	2.0
Желудок с содержимым	24.9	0.4	13.3	0.6	18.5	1.2	86.7	13.1
Семенники	1.6	0.1	н/д	н/д	н/д	н/д	5.1	0.4
Мышцы	1.3	0.0	н/д	н/д	н/д	н/д	7.4	0.9
Селезенка	0.0	0.0	н/д	н/д	н/д	н/д	16.6	0.5

Таблица 4. Морфофизиологическая характеристика красно-серой полевки *Clethrionomys rufocanus* на различном удалении от источника загрязнения, 1998 г.**Table 4.** Morphological and physiological characteristics of *Clethrionomys rufocanus* at a different distance from the pollution source, 1998

Индексы органов	Расстояние до источника загрязнения (км); азимут (градусы)			
	30.0; 255	29.0; 195	19.0; 185	4.0; 210
	Печень			
M ± m	63.96 ± 1.77	50.12 ± 2.73		55.13 ± 2.21
Cv	10.61	13.82	Нет данных	13.09
n	33	6		2
	Почки			
M ± m	8.71 ± 0.42	9.13 ± 0.21	9.19 ± 0.28	8.98 ± 0.41
Cv	19.68	13.58	7.83	9.66
n	17	35	7	4
	Селезенка			
M ± m	2.69 ± 0.61	2.61 ± 0.48	3.31 ± 0.31	3.49 ± 0.42
Cv	63.22	36.65	48.80	37.40
n	8	3	28	10
	Сердце			
M ± m	4.72 ± 0.24	4.41 ± 0.18	4.69 ± 0.22	4.71 ± 0.15
Cv	11.03	16.77	8.73	9.76
n	5	17	3	9

Примечание: M – среднее арифметическое; m – ошибка среднего арифметического; Cv – коэффициент вариации признака; n – количество исследованных образцов.

Данные по митотической активности некоторых тканей и содержанию гемоглобина в крови представлены в табл. 5. Защитная роль эпителия как пограничной ткани исследовалась у полевок-экономок в 1980 г., сравнительные данные представлены в табл. 5. Митотическая активность клеток роговицы глаза и селезенки оказалась выше вблизи источника загрязнения и меньше у животных со стационара Ельнюн. Вблизи источника эмиссии темп клеточного деления более резкий. Пролиферативная реакция клеток костного мозга обратная в сравнении с реакцией клеток селезенки. Высокий уровень митотической активности эпителия роговицы глаза можно объяснить компенсаторной реакцией на постоянно действующее повреждение в виде SO₂ и других веществ выбросов. Количество гемоглобина у изученно-

го вида в 4 км от комбината оказалось в 1.2 раза ниже, чем в 29 км от него (табл. 5).

Мониторинг численности мелких млекопитающих на стационаре Ельнюн в Лапландском заповеднике показал, что рыжая полевка доминировала среди лесных полевок до 1950-х гг. (Семенов-Тянь-Шанский, 1970). К 1960 г. доминирующим видом на стационаре стала красно-серая полевка. Резкое сокращение численности рыжей полевки совпало с пуском в 1939 г. и дальнейшим наращиванием мощностей комбината Североникель. В 2006 г. этот вид по показателю численности впервые за длительный период вновь занял доминирующее положение. На рис. видно, что с 2002 г. уровень выброса диоксида серы в атмосферу резко сократился и происходит незначительный рост численности рыжей полевки на стационаре Ельнюн.

Таблица 5. Цитологические и гематологические показатели состояния некоторых тканей полевков-экономок из районов различной удаленности от источника загрязнения среды, сентябрь 1980 г.

Table 5. Cytological and hematological parameters of some tissues of *Microtus oeconomus* from different areas of remoteness from the source of pollution of the environment, September 1980

Показатели	Расстояние до источника загрязнения (км) и направление			
	4 км на юг		29 км на юг	
	n	M ± m	n	M ± m
Митотическая активность клеток костного мозга, %	9	13.5 ± 1.6	7	18.8 ± 1.7
Митотическая активность клеток селезенки, %	9	7.1 ± 0.5	6	3.9 ± 0.4
Митотическая активность клеток роговицы, %	8	10.7 ± 2.7	6	3.3 ± 1.0
Содержание гемоглобина, г/л	21	158 ± 7	26	187 ± 13

Примечание: M – среднее арифметическое; m – ошибка среднего арифметического; n – количество исследованных образцов.

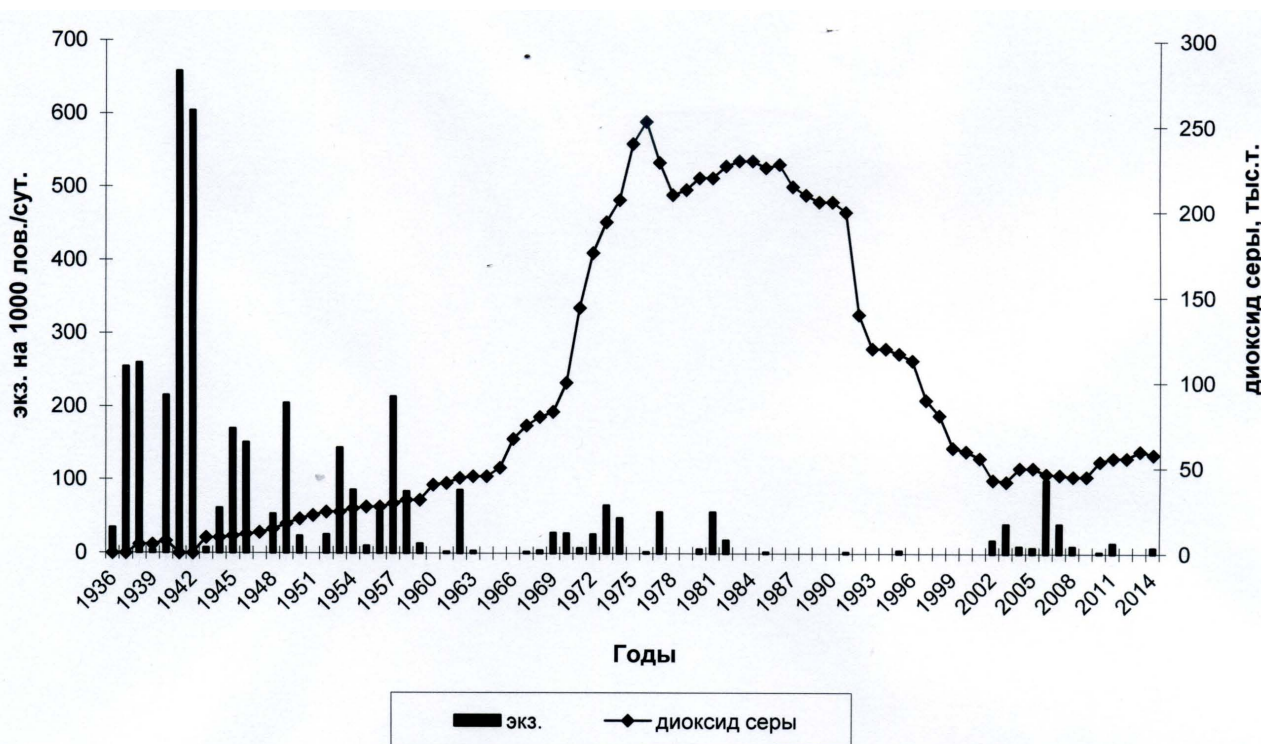


Рис. Мониторинг численности *Clethrionomus glareolus* в Лапландском заповеднике (Ельнун) и объем выбросов SO₂ комбинатом Североникель.

Fig. Monitoring of number of *Clethrionomus glareolus* in the Lapland Reserve (Elnun mount) and SO₂ emissions of the industrial complex Severonikel'.

На территории, расположенной на расстоянии в 11 км к северу от комбината землеройки с 1974 по 2000 гг. обнаруживались единично, а в 15 км от источника промышленных выбросов эти млекопитающие присутствовали чаще – 5% попаданий. При дальнейших учетных работах в 2001 г. в 4 км на юг от источника загрязнения были впервые зарегистрированы средняя бурозубка *Sorex caecutiens* Laxmann, 1788. А в 2003 г. были учтены две особи обыкновенной бурозубки *S. araneus* L., 1758 и крас-

ная полевка *Cl. rutilus* – животные, существование которых ранее в этой зоне экологического вакуума не фиксировалось.

Обсуждение

В характеристике местности, прилегающей к локальному источнику промышленных выбросов, население мелких млекопитающих явилось маркером состояния природной среды. Ближе к источнику загрязнения уменьшается не только количество видов, но

и суммарная летняя численность мелких млекопитающих. Землеройки нами отнесены к олиготоксобным организмам. Представители этого отряда млекопитающих ближе 11 км от комбината в период с 1974 по 2000 гг. не отмечались. Рыжая полевка ранее доминировала на стационаре Ельнюн, но постепенно там произошло значительное падение ее численности. Этот период экологического неблагополучия для вида совпал по времени с пуском комбината «Североникель». В последние годы при уменьшении объемов выбросов диоксида серы происходит незначительный рост численности рыжей полевки на стационаре Ельнюн. Сравнительное изучение экологии млекопитающих показало, что этот вид лесных полевок может служить региональным биоиндикатором химического загрязнения таежных экосистем (Катаев, 2005).

В зависимости от степени техногенного влияния изменяется соотношение полов и сезонных генераций, происходят адаптационные перестройки в воспроизводстве животных. У красно-серой полевки, с приближением к источнику промышленной эмиссии, меняется возрастная структура – меньше становится доля сенильных и субсенильных особей в популяции, сокращается количество выводков за сезон. Потенциал воспроизводства у полевок с разных станций почти одинаков, но фактическая плодовитость вблизи комбината ниже. Половой состав оказался слабо нарушенным – по мере удаления от источника загрязнения растет доля самцов.

Вещества промышленных выбросов обнаружены в кормовых растениях грызунов (Barcan et al., 1998; Maznaya et al., 2000). Этим обстоятельством объясняется максимальное количество меди и никеля, обнаруженные в желудках с содержимым у красно-серых полевок – 86.0 и 13.1 мг/кг абсолютно сухого вещества, соответственно. Далее по величине концентраций эти загрязнители распределяются следующим образом: печень > почки > селезенка.

Ингредиенты выбросов обладают мутагенным эффектом. При исследовании полевок-экономок из разных мест их обитания были выявлены различия в пролиферативной активности клеток некоторых тканей. Наибольшая разница в значениях митотической активности установлена для эпителия

роговицы глаза грызунов, обитавших в четырех км от комбината (табл. 5). Этот факт свидетельствует о компенсаторной реакции организма на постоянно действующее антропогенное повреждение.

Анализ состояния природных популяций *Cl. rufocanus*, по морфофизиологическим показателям, выявил различия в относительном весе печени, селезенки. У взрослых самцов рядом с комбинатом индекс печени был ниже, а индекс селезенки наоборот, выше, по сравнению с особями, обитающими значительно дальше от него, что следует считать наиболее выраженными показателями патологий. В импактной зоне численность видов *Micromammalia* минимальна. Ближайшими местами регистрации *Sorex* до 2001 г. были площадки, расположенные в 11 км на север и в 14 км на юг от локального источника химического загрязнения. Реализация эффекта удаленности от локального источника промышленных выбросов отчетливо проявляется, кроме землероек, и у рыжей полевки – выявленными местными видами – биоиндикаторами локального загрязнения природной среды.

С учетом тенденции к улучшению природной ситуации в регионе необходимо продолжение мониторинговых работ, в том числе и по млекопитающим, для получения полной информации по масштабному и длительному экологическому эксперименту.

Литература

- Безель В.С. 2006. Экологическая токсикология: популяционный и экологический аспекты. Екатеринбург: Изд-во «Гоцинский». 280 с.
- Гольдман И.Л., Смертенко И.И. 1969. Три метода получения препаратов хромосом мышей // Лабораторное дело. №2. С. 67–70.
- Ежегодник Кольской горно-металлургической компании. Мурманск, 2009. №6. С. 4–5.
- Ежегодник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу городов и регионов Российской Федерации (Россия), 1997 г. СПб, 1998. 433 с.
- Катаев Г.Д. 1984. Мелкие млекопитающие – индикаторы антропогенного воздействия в условиях Кольского Севера // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. Пушино: Наука. С. 90–93.
- Крючков В.В., Сыроид Н.А. 1984. Почвенно-ботанический мониторинг в центральной части Кольского полуострова // Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР. С. 15–26.

- Кучерук В.В. 1963. Новое в методике количественного учета вредных грызунов и землероек // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М.: АН СССР. С. 159–183.
- Лукиянова Л.Е., Лукьянов О.А., Пястолова О.А. 1994. Трансформация сообществ мелких млекопитающих под воздействием техногенных факторов (на примере таежной зоны Среднего Урала) // Экология. №3. С. 69–76.
- Рокицкий П.Ф. 1961. Основы вариационной статистики для биологов. Минск: Изд-во Белорусского ун-та. 186 с.
- Семенов-Тянь-Шанский О.И. 1970. Цикличность в популяциях лесных полевок // Бюллетень МОИП. Т. 75(2). С. 11–26.
- Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. 1968. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск: Наука. 386 с.
- Barcan V.S., Kovnatsky E.F., Smetannikova M.S. 1998. Absorption of heavy metals in wild berries and edible mushrooms in an area affected by smelter emissions // *Water, Air, & Soil Pollution*. Vol. 103. P. 173–195. DOI: 10.1023/A:1004972632578
- Bolshakov V. N., Pyastolova, O. A., Vershinin V. A. 2001. Specific Features of the Formation of Animal Species Communities in Technogenic and Urbanized Landscapes // *Russian Journal of Ecology*. Vol. 32(5). P. 315–325. DOI: 10.1023/A:1011970109916
- Kataev G.D. 2005. The State of the Mammal Community of Boreal Forest Ecosystems in the Vicinity of a Nickel-Smelting Plant // *Russian Journal of Ecology*. Vol. 36(6). P. 421–426. DOI: 10.1007/s11184-005-0096-9
- Kataev G.D., Suomela J., Palokangas P. 1994. Densities of microtinae rodents along a pollution gradient from a copper-nickel smelter // *Oecologia*. Vol. 97. P. 491–498. DOI: 10.1007/BF00325887
- Maznaya E.A., Lyanguzova I.V., Komaletdinova E.M. 2000. The state coenopopulations of wild-growing berry dwarf-shrubs under air pollution // *Proceedings of the International conference «Problems of rational utilization and reproduction of berry plants in boreal forest, on eve of XXI century» (11–15 September, 2000, Glubokoe – Gomel, Belarus)*. Gomel: Forest Institute of National Academy of Sciences of Belarus. P. 80–84.
- Communities in Technogenic and Urbanized Landscapes. *Russian Journal of Ecology* 32(5): 315–325. DOI: 10.1023/A:1011970109916
- Goldman I.L., Smertenko I.I. 1969. Three methods of obtaining preparations of chromosomes of mice. *Laboratornoe delo* 2: 67–70. [In Russian]
- Kataev G.D. 1984. Small mammals are the indicators of human impact in Kola North. In: D.A. Krivolursky (Ed.): *Influence of industrial enterprises on the environment*. Moscow: Nauka. P. 90–93. [In Russian]
- Kataev G.D. 2005. The State of the Mammal Community of Boreal Forest Ecosystems in the Vicinity of a Nickel-Smelting Plant. *Russian Journal of Ecology* 36(6): 421–426. DOI: 10.1007/s11184-005-0096-9
- Kataev G.D., Suomela J., Palokangas P. 1994. Densities of microtinae rodents along a pollution gradient from a copper-nickel smelter. *Oecologia* 97: 491–498. DOI: 10.1007/BF00325887
- Kryuchkov V.V., Syroid N.A. 1984. Soil-Botanic monitoring in the central part of the Kola peninsula. In: *Monitoring of Environment of Kola North*. Apatity: Publishing House of the Kola branch of the USSR Academy of Sciences. P. 15–26. [In Russian]
- Kucheruk V. V. 1963. New in methodology for quantifying harmful rodents and shrews. In: *Organisation and methods for accounting of birds and harmful rodents*. Moscow: USSR Academy of Sciences. P. 159–183. [In Russian]
- Lukyanova L.E., Lukyanov O.A., Pyastolova O.A. 1994. Transformation of communities of small mammals under the influence of technogenic factors (on the example of the taiga zone of the Middle Urals). *Russian Journal of Ecology* 3: 69–76. [In Russian]
- Maznaya E.A., Lyanguzova I.V., Komaletdinova E.M. 2000. The state coenopopulations of wild-growing berry dwarf-shrubs under air pollution. In: *Proceedings of the International conference «Problems of rational utilization and reproduction of berry plants in boreal forest, on eve of XXI century» (11–15 September, 2000, Glubokoe – Gomel, Belarus)*. Gomel: Forest Institute of National Academy of Sciences of Belarus. P. 80–84.
- Rokitsky P.F. 1961. *Basics of variation statistics for biologists*. Minsk: Publishing House of the Belarusian University. 186 p. [In Russian]
- Schwarz S.S., Smimov V.S., Dobrinskiy L.N. 1968. *Method of morphophysiological indicators in ecology of terrestrial vertebrates*. Sverdlovsk: Nauka. 386 p. [In Russian]
- Semenov-Tyan-Shansky O.I. 1970. Cyclicity in populations of forest voles. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists* 75(2): 11–26. [In Russian]
- Yearbook of Kola mining and metallurgical company. Murmansk, 2009. №6. P. 4–5. [In Russian]
- Yearbook of air pollutants emissions in cities and regions of the Russian Federation (Russia), 1997. Saint-Petersburg, 1998. 433 p. [In Russian]

References

- Barcan V.S., Kovnatsky E.F., Smetannikova M.S. 1998. Absorption of heavy metals in wild berries and edible mushrooms in an area affected by smelter emissions. *Water, Air, & Soil Pollution* 103: 173–195. DOI: 10.1023/A:1004972632578
- Bezel V.S. 2006. *Ecological toxicology: population and environmental aspects*. Ekaterinburg: Publishing house «Goscinski». 280 p. [In Russian]
- Bolshakov V. N., Pyastolova, O. A., Vershinin V. A. 2001. Specific Features of the Formation of Animal Species

THE IMPACT OF INDUSTRIAL EMISSIONS OF COPPER-NICKEL SMELTER COMPLEX ON THE STATUS OF POPULATIONS AND COMMUNITIES OF SMALL MAMMALS IN THE KOLA PENINSULA

Gennadiy D. Kataev

*Lapland State Nature Biosphere Reserve, Russia
e-mail: kataev105@yandex.ru*

The population status of the small mammals, Micromammalia, was studied in the central mountain and taiga part of the Kola Peninsula in the Lapland Biosphere Reserve and its buffer zone. For this purpose, control groups of animals were selected at a different distance from the Severonikel' industrial complex which is considered as the largest metallurgical company in Europe. It produces nickel, copper and other non-ferrous metals. The study sites were located at 4–30 km from the local source of industrial pollution. The analysis of population dynamics, faunistic structure and biological parameters of mass species of Soricidae, Myomorpha has revealed the differences in habitats depending on the distance to the industrial complex. The results of the chemical analysis of organs and tissue samples of small rodents, their morpho-physiological and genetic characteristics within emission plume were analysed. The abundance of the studied Mammalia species was the lowest at 5 km north and 7 km south of the metallurgical industrial complex. According to our results, animals in a zone of increased industrial emission (sulfur dioxide, compounds of heavy metals) concentrations had more deviations from the biological norms in comparison with the same species from less polluted areas. Long-term (1936–2014) abundance dynamics of *Clethrionomys glareolus* was presented due to the new ecological situation in the region and reduction of the volume of sulfur dioxide emission by the Severonikel' industrial complex. This biotesting method using mammals as study objects may be applied for the definition of ecologically safe level criteria of heavy metal production and it may be used in studies of similar ecological situations.

Key words: biological indicators, ecotoxicology, heavy metals, mammals, mining and metallurgical company, monitoring, pathology