



Оценка влияния алюминиевого производства на население мелких млекопитающих окрестностей г. Павлодар

З.М. Сергазинова¹, А.В. Макаров²

¹НАО «Торайгыров университет», г. Павлодар, Казахстан,
wwwszm@mail.ru

²Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
al_micromammals@mail.ru

Введение

Антропогенная трансформация окружающей природной среды приводит к значительным изменениям в экосистемах. В условиях глобального перманентного загрязнения биосферы особую актуальность приобретает проблема изучения возможности существования организма в субтоксичных условиях среды и поиска порога, за которым изменения приобретают для биосистем необратимый характер (Ивантер, Медведев, 2007).

Павлодарская область как один из наиболее развитых промышленных регионов Северного Казахстана представляет собой несомненный интерес при изучении антропогенной трансформации окружающей природной среды и изменений, происходящих в экосистемах. За последние десятилетия одним из существенных видов антропогенных воздействий на прилегающие территории г. Павлодар представляет деятельность крупных предприятий алюминиевого производства – Павлодарский алюминиевый завод (далее – ПАЗ) и Казахстанский электролизный завод (далее – КЭЗ). В результате деятельности заводов сформировались участки с максимальными показателями концентрации тяжелых металлов и фтора в почвах города и его окрестностях, превышающими фоновые значения (Панин, Гельдымамедова, 2006; Макарина, 2015). Поэтому проблема влияния загрязнения от алюминиевого производства на окружающую среду и здоровье человека на территории Северного Казахстана стоит очень остро. Чтобы оценить скорость и количество накопления фтора в организме человека и животных, необходимы модельные объекты, которыми могут быть мелкие млекопитающие. Исходя из этого, цель данной работы заключалась в изучении влияния техногенного загрязнения ПАЗ и КЭЗ на фауну и население мелких млекопитающих, а также в выявлении особенностей накопления фтора в костной ткани животных.

Материалы и методы

Исследования проведены в зоне действия ПАЗ и КЭЗ в юго-восточной части г. Павлодар (52.1° с.ш., 77.0° в.д). Расстояние от промплощадок ПАЗ до жилой застройки составляет с севера – 1.8 км, запада – 1.7 км, юго-запада – 2.9 км, а в южном и восточном направлении жилые зоны отсутствуют. Расстояние от КЭЗ до ближайших населенных пунктов в среднем 10–12 км. Отловы проводили с мая по сентябрь 2016–2017 гг. и с мая по июнь 2018 г. в течение 10–20 дней каждого месяца. Всего за время исследований в зоне техногенной нагрузки отработано 2058 канавко-суток (далее – к-с). Отловлено 240 особей мелких млекопитающих 16 видов, 10 родов, 4 семейств и 2 отрядов.

Полевые работы вели на 12 пробных участках в схожих биотопах в пределах трех зон техногенной нагрузки, расположенных в западном и восточном направлении, на разном удалении от источников загрязнения. Зоны выделяли на основании литературных данных (Мухачева, 2005) по степени трансформации экосистем: импактная зона до 0.5–3 км, буферная – 3–5 км, фоновая – 20–25 км. В импактной зоне выбраны 5 пробных участков (I1, I2, I3, I4, I5), в буферной – 3 (B6,

B7, B8), в фоновой – 4 (F9, F10, F11, F12). С целью сравнения сообществ мелких млекопитающих, обитающих в условиях высокой техногенной нагрузки в окрестностях г. Павлодар, с уровнем, где техногенное воздействие сведено к минимуму, нами выделен условный контрольный участок. Расположен он в 200 км к северо-востоку от г. Павлодар в окрестностях с. Троицкое Новосибирской области (Карасукский стационар Института систематики и экологии животных СО РАН). Данные по нему взяты из предоставленных материалов Т.А. Дупал (2010), а также и совместно собранных в 2017 году. Размещен он в подзоне южной лесостепи и характеризуется различными ландшафтно-биотопическими условиями до начала антропогенных воздействий, поэтому в данной работе его можно принять за зону условного контроля.

В импактной зоне пробные участки располагались в разнотравно-полынной (I1, I2), разнотравно-ковыльно-полынной (I3, I4) и разнотравно-типчаковой (I5) степи. Буферная зона представлена типчаково-полынной (B6), полынно-ковыльной (B7) и разнотравно-типчаковой (B8) степью, а фоновая – типчаково-полынной (F9, F10) и полынной (F11, F12) степью. Контрольная территория в окрестностях с. Троицкое представлена следующими биотопами: злаково-разнотравная растительность на берегу оз. Кротово, типчаково-злаково-разнотравная степь, небольшой участок ковыльно-типчаковой степи вдоль лесополосы и участок пахотного поля, заросший злаково-разнотравной растительностью.

Для отлова и учета мелких млекопитающих использован метод ловчих канавок, дающий наиболее массовый и репрезентативный материал (Наумов, 1955). В дно ловчей канавки длиной 50 м и глубиной 10–12 см вкапывали 5 пластиковых конусов высотой 45–50 см и диаметром 25 см на расстоянии 10 м между ними и по 5 м за крайние конусы. За единицу учета приняты уловы зверьков в пересчете на 10 канавко-суток. Систематический перечень видов, их русские и латинские названия даны по справочнику И.Я. Павлинова и А.А. Лисовского (2012) с некоторыми поправками по каталогу “Mammal Species of the World” (Wilson, Reeder, 2005).

Содержание фтора в костной ткани животных определяли в лаборатории биогеохимии почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН под руководством д.б.н. Г.А. Конарбаевой. Проанализировано 76 объединенных проб костного материала 156 особей мелких грызунов доминирующих видов: степная мышовка, джунгарский хомячок, степная пеструшка и узкочерепная полевка. Определение содержания фтора в костях животных проводили методом потенциометрии с помощью фтор-селективного электрода (Головкова, Краснова, 1988; Методика измерений..., 2012). Пробы анализируемого материала объединяли по возрасту животных и участку отлова, т.е. по зонам техногенной нагрузки. При оценке содержания фтора в костной ткани животных, из-за малых величин навесок костей данные по половозрелым и неполовозрелым сеголеткам мы объединили в одну группу.

По содержанию фтора в организмах животных в зависимости от степени удаленности от источников выбросов, а также от расположения пробных участков на наветренных или подветренных сторонах от источников загрязнения, для каждой зоны техногенной нагрузки посчитаны средние значения и достоверность различий (Пузаченко, 2004). Оценка значимости различий выполнена с помощью одно- и двухфакторного дисперсионного анализа. Удаленность от источника загрязнения (фон-буфер-импакт) и направление ветра (наветренная и подветренная сторона) рассматривались в качестве независимых переменных (факторов). Попарные различия между выборками оценивались по критерию Манна-Уитни. В качестве показателей разнообразия сообществ использовали наиболее информативные индексы видового разнообразия и выровненности Симпсона (D и E) и Шеннона (H и J) (Бигон и др., 1989; Мэггаран, 1992).

Результаты и обсуждение

Всего с учетом как наших данных, так и заимствованных материалов с контрольной территории, проанализировано 508 особей мелких млекопитающих 19 видов, 11 родов, 5 семейств и 2 отрядов. Среди отловленных животных преобладали грызуны, как в техногенной (88%), так и в контрольной (67%) зонах (таблица 1). В зоне техногенной нагрузки отмечено 16, а на контрольной территории – 13 видов, однако оставшиеся три вида не встретившиеся здесь в момент проведения исследований, ранее уже регистрировались (Дупал, 2010).

Табл. 1 – Видовой состав и численность мелких млекопитающих в зоне техногенной нагрузки и на контрольной территории (особей на 10 к-с)

Вид	Зона техногенной нагрузки			Контрольная зона (Карасук)		
	n	Обилие	Доля, %	n	Обилие	Доля, %
1	2	3	4	5	6	7
Насекомоядные (Eulipotyphla)						
<i>Sorex araneus</i> Linnaeus 1758	2	0.01	0.8	23	0.75	8.6
<i>S. tundrensis</i> Merriam 1900	15	0.08	6.3	41	1.35	15.3
<i>S. caecutiens</i> Laxmann 1785	-	-	-	1	0.04	0.4
<i>S. minutus</i> Linnaeus 1766	3	0.02	1.3	24	0,8	9
<i>S. minutissimus</i> Zimmermann 1780	1	0.005	0.4	-	-	-
<i>Crociodura suaveolens</i> Pallas 1811	8	0.04	3.3	-	-	-
Грызуны (Rodentia)						
<i>Sicista subtilis</i> Pallas 1773	56	0.29	23.3	-	-	-
<i>Phodopus sungorus</i> Pallas 1773	23	0.12	9.6	2	0.05	0.7
<i>Myodes rutilus</i> Pallas 1779	1	0.005	0.4	-	-	-
<i>Ellobius talpinus</i> Pallas 1770	18	0.1	7.5	-	-	-
<i>Lagurus lagurus</i> Pallas 1773	14	0.07	5.8	1	0.04	0.4
<i>Arvicola amphibius</i> Linnaeus 1758	-	-	-	1	0.04	0.4
<i>Lasiopodomys gregalis</i> Pallas 1779	76	0.39	32	119	3.9	44.4
<i>Alexandromys oeconomus</i> Pallas 1776	4	0.02	1.7	9	0.3	3.4
<i>Microtus arvalis</i> Pallas 1778	13	0.07	5.4	-	-	-
<i>M. rossiaemeridionalis</i> Ognev 1924	1	0.005	0.4	8	0.25	3
<i>Micromys minutus</i> Pallas 1771	1	0.005	0.4	28	0,9	10.4
<i>Apodemus agrarius</i> Pallas 1771	-	-	-	9	0.3	3.4
<i>Sylvaemus uralensis</i> Pallas 1811	4	0.02	1.7	2	0.05	0.7
Всего	240	1.23	100	268	8.75	100

Показатель суммарного обилия мелких млекопитающих в среднем по всем зонам техногенной нагрузки в период массового размножения, значительно ниже, чем на контрольной территории

(1.23 и 8.75 особей на 10 к-с соответственно). Структура доминирования мелких млекопитающих на всех пробных участках зон техногенной нагрузки характеризуется нарушенностью и монодоминантностью. Больше половины всего населения здесь занимают узкочерепная полевка, степная мышовка и джунгарский хомячок (32, 23 и 10%), а на долю остальных видов приходится всего 35%. На контрольной территории структура доминирования характеризуется большей выравненностью. Доминирует здесь также узкочерепная полевка (44%). Содоминируют тундряная бурозубка и мышь-малютка (15 и 10%) и совсем немного уступают им обыкновенная и малая бурозубки (по 9%). По сравнению с контролем, сообщества мелких млекопитающих техногенной зоны отличаются низким обилием насекомоядных зверьков, на долю которых приходится 12%, что является следствием аридности данной территории и обедненности кормовой базы.

Распределение мелких млекопитающих по зонам техногенной нагрузки. При сравнении фоновых, буферных и импактных участков наблюдается тенденция уменьшения численности и видового богатства мелких млекопитающих по мере приближения к источникам загрязнения. Так, на фоновых наветренных участках (F9, F10), характеризующихся меньшим влиянием от выбросов промышленных предприятий, население мелких млекопитающих представлено 12 видами, с общим показателем обилия 1.75 особей на 10 к-с. Больше половины всего населения здесь занимает узкочерепная полевка (57.4%). Существенная доля приходится на насекомоядных, представленных четырьмя видами (14.7%). В то же время на подветренных участках (F11, F12), где вредное воздействие от выбросов выражено в большей степени, отмечено всего 7 видов, а суммарное обилие составляет 0.7 особей на 10 к-с. Доминируют 2 вида – обыкновенная слепушонка (45.8%) и степная мышовка (25%).

В буферной зоне Павлодарского алюминиевого завода (ПАЗ) на подветренной стороне в типчаково-полынной степи с элементами древесной растительности (B6) отмечено небольшое видовое богатство (6 видов) с нарушенной структурой доминирования. В сообществе мелких млекопитающих данного участка значительно преобладает узкочерепная полевка (67.4%). Содоминантное положение занимают тундряная бурозубка (14%) и степная мышовка (11.6%), а на долю остальных видов приходится по 2.3%. Несмотря на значительное техногенное воздействие этого участка, плотность населения здесь выше, чем на фоновых территориях и сравнима только с контролем (2.3 особей на 10 к-с). Это может быть связано с тем, что буферный участок ПАЗ характеризуется наличием понижений в рельефе, густым и высоким травостоем, дающим мелким грызунам и насекомоядным достаточное количество корма и защитных укрытий. Импактная зона ПАЗ (I1, I2) расположена с наветренной стороны от предприятия в разнотравно-полынной степи с элементами древесной растительности. Суммарное обилие мелких млекопитающих здесь сравнительно низкое – 0.7 особей на 10 к-с. Лидирующую позицию по доле в структуре населения здесь занимают обыкновенная полевка (41%) и узкочерепная полевка (22.7%). Субдоминантное положение занимают джунгарский хомячок и малая белозубка, а на долю остальных видов приходится по 4.5%. Видовое богатство данного участка включает в себя 8 видов, что даже выше, чем на буферных и фоновых территориях, расположенных с подветренной стороны от ПАЗ, но численность этих видов низкая. Характер изменения суммарного обилия и видового богатства от фоновых к импактным участкам в зоне действия выбросов Казахстанского электролизного завода (КЭЗ), с учетом наветренной и подветренной сторон аналогичный.

В буферной зоне КЭЗ (B7), расположенной с наветренной стороны от завода отмечено восемь видов, что несколько меньше, чем на наветренных фоновых участках (F9, F10), но общий показатель численности достаточно высок – 2.05 особей на 10 к-с. Доминируют здесь степная мышовка (31.4%), джунгарский хомячок (25.7%) и узкочерепная полевка (14.3%). Степная мышовка



и джунгарский хомячок отмечены здесь с относительно высокими показателями не только индекса доминирования, но и численности (0.7 и 0.6 особей на 10 к-с), что несколько выше, чем на других территориях техногенной нагрузки. С подветренной стороны того же завода на пробном участке буферной зоны (B8), расположенной в разнотравно-типчаковой степи, показатель численности самый низкий (0.05 особей на 10 к-с). Здесь за все время исследования встретился лишь один зверек – обыкновенная слепушонка, что, скорее всего, связано с интенсивным выпасом скота и вытаптыванием растительного покрова. В связи с очень низким обилием, при построении графика данный участок мы объединили с участком I5.

Импактные пробные участки (I3, I4) расположены с наветренной стороны от электролизного завода в разнотравно-ковыльно-полынной степи. Структура доминирования мелких млекопитающих характеризуется нарушенностью, что выражается в снижении суммарного обилия (1.0 особей на 10 к-с) и видового богатства (5 видов) по сравнению с буферными и фоновыми участками. Здесь значительно преобладает степная мышовка (71.4%), а на долю джунгарского хомячка приходится всего – 11.4%. В качестве субдоминанта выступает степная пеструшка (8.6%). В то же время, на подветренной стороне импактной зоны (I5) этого же завода, расположенной в разнотравно-типчаковой степи, отмечено шесть видов, с более высоким показателем численности – 1.35 особей на 10 к-с. Здесь также доминируют степная мышовка (42.1%) и джунгарский хомячок (21.1%), а также обыкновенная слепушонка (15.8%) и обыкновенная полевка (10.5%). Остальные виды занимают второстепенное положение (по 5.3%).

В целом по зоне техногенной нагрузки в сообществах мелких млекопитающих преобладают узкочерепная полевка, степная мышовка и джунгарский хомячок. Субдоминантное положение занимают обыкновенная слепушонка, степная пеструшка и тундряная бурозубка, а доли остальных видов незначительны. При значительных техногенных нагрузках структура доминирования мелких млекопитающих характеризуется низкой выравненностью и преобладанием одного или двух видов в сообществе. Так, на импактных территориях Павлодарского алюминиевого завода абсолютно преобладают обыкновенная и узкочерепная полевки, а в наветренных импактных зонах Казахстанского электролизного завода – степная мышовка. На буферных участках алюминиевого завода доминирует узкочерепная полевка, а на буферной территории электролизного завода – степная мышовка и джунгарский хомячок. На фоновых территориях с восточной и западной стороны – это обыкновенная слепушонка и узкочерепная полевка, соответственно.

Относительно высокие показатели индексов биоразнообразия и выравненности Симпсона (D и E) и Шеннона (H и J) характерны как для контрольных, так и для некоторых участков зон техногенной нагрузки, а именно для фоновых участков, импактной зоны алюминиевого завода и буферной территории электролизного завода.

Для фоновых и контрольных территорий характерны примерно одинаковые относительно высокие показатели индексов биоразнообразия и сравнительно высокое обилие видов. Высокие показатели индексов биоразнообразия импактной территории алюминиевого завода, можно объяснить тем фактом, что здесь отмечено сравнительно большое количество видов, но вследствие низкого обилия каждого вида, их доленое участие в сообществах имеет почти равное значение, что приводит к высоким значениям вышеуказанных индексов. Относительно высокое количество видов здесь, можно объяснить наличием древесной растительности и близостью жилых построек. По этой же причине высокие показатели индексов биоразнообразия и выравненности характерны и для буферных участков электролизного завода. Самые низкие показатели информационных индексов Симпсона (D и E) и Шеннона (H и J) отмечены для импактных участков электролизного завода и буферных – алюминиевого завода, что обусловлено меньшим количеством видов в этих

сообществах и крайней неоднородностью их долевого участия. Такое соотношение говорит о нарушенности этих местообитаний для большинства видов мелких млекопитающих, в результате чего в таких сообществах остаются наиболее толерантные виды к неблагоприятным внешним условиям, а численность остальных видов сводится к минимуму.

Накопление фтора в костной ткани доминирующих видов мелких млекопитающих в районе действия алюминиевого производства. Аккумуляция фтора в костях доминирующих видов грызунов (узкочерепная полевка, степная мышовка, джунгарский хомячок, степная пеструшка) на территории техногенного загрязнения независимо от участка отлова, происходит неодинаково. Максимально высокие значения содержания фтора отмечены у степной мышовки, которые превышают аналогичные показатели у узкочерепной полевки, джунгарского хомячка и степной пеструшки в 2.5, три и четыре раза соответственно.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по содержанию фтора в костях показали значимое влияние фактора удаленности от источников выбросов ($F=3.6$, $df=2$, $p=0.033$). У рассмотренных нами видов мелких млекопитающих наблюдается тенденция линейного увеличения накопления фтора в костях, по мере приближения к источникам выбросов. Пик концентрации фтора в данных случаях приходится на ближайшее расстояние от заводов. Наиболее ярко эта тенденция выражена у степной мышовки, джунгарского хомячка и узкочерепной полевки.

Высокую значимость фактора удаленности от источников выбросов подтвердили и результаты однофакторного дисперсионного анализа (Критерий Краскела-Уоллеса: $H=7.02$, $p=0.03$). Парные сравнения выборок показали, что концентрация фтора в костях грызунов из импактной зоны значимо выше по сравнению с буферными (Критерий Манна-Уитни: $U=134$, $p=0.021$) и фоновыми (Критерий Манна-Уитни: $U=84$, $p=0.016$) участками. При этом по данному показателю буферные и фоновые участки значимо не различаются (Критерий Манна-Уитни: $U=290$, $p=0.99$).

Показатели усредненного содержания фтора в костной ткани мелких млекопитающих на подветренных участках разных зон загрязнения, как правило, выше, чем на наветренных. Однако эти показатели оказались статистически не значимыми ($F=0.002$, $df=1$, $p=0.96$), что мы связываем с одной стороны с низкой численностью зверьков, а с другой с низкой навеской костей в анализируемых пробах. При сравнении импактных зон, на подветренном участке (I5) содержание фтора в костной ткани грызунов достигает максимального значения, которое в 3–8 раз выше, чем на наветренных территориях (I1, I2; I3, I4). Также, на подветренных фоновых участках (F11, F12) содержание фтора выше в три раза, чем на наветренных (F9, F10). В то же время, наветренный участок буферной зоны (B7) имеет относительно высокие значения содержания фтора по сравнению с наветренными импактными точками и примерно такие же, как и на подветренном буферном участке (B6). Это связано с расположением этого участка на одинаковом расстоянии между алюминиевым и электролизным заводами, а также аэропортом г. Павлодар. Усиленное воздействие этих предприятий, ведет к снижению толерантности и устойчивости животных, и как следствие к повышенным концентрациям фтора в организме. Именно на этом участке (B7) были встречены некоторые патологии у животных. Это опухоли на животе у джунгарского хомячка ($n=2$) и степной пеструшки ($n=1$), отростки в области анального отверстия и правостороннее расположение сердца у краснощекого суслика, а также отсутствие одной почки и одной фаллопиевой трубы у самки джунгарского хомячка. В импактной зоне электролизного завода (I5) отмечена деформация селезенки у джунгарского хомячка ($n=3$).

Тенденция повышенного содержания фтора на подветренных участках по сравнению с наветренными, наблюдается и на примере отдельных видов (рис. 7). Так, на подветренной стороне импактной зоны (I5) показатели содержания фтора в костной ткани значительно выше, чем на



наветренной стороне (I3, I4). У степной пеструшки эти показатели выше в два раза, у степной мышовки в три, а у джунгарского хомячка в 4.5 раза. Аналогичная тенденция наблюдается и на фоновых участках. Так, в костях узкочерепной полевки содержание фтора на фоновых территориях с подветренной стороны почти в два раза выше, чем на аналогичных участках, но с наветренной стороны (255 и 133 мг/кг соответственно). Такая же тенденция наблюдается и у джунгарского хомячка (501 и 54 мг/кг соответственно).

Нарушение структуры доминирования в сообществах мелких млекопитающих и их низкое суммарное обилие на техногенной территории указывает на низкую продуктивность и деградацию ландшафтно-экологических условий этих местообитаний по сравнению с контролем. Показатель суммарного обилия мелких млекопитающих в среднем по всем зонам техногенной нагрузки в период массового размножения был значительно ниже, чем на контрольной территории. По мере удаления от источников загрязнения меняется не только структура населения мелких млекопитающих, но также их суммарное обилие и видовое богатство. Плотность населения и количество видов имеет тенденцию снижения от фоновых к импактным территориям, т.е. по мере приближения к источникам выбросов, при этом на подветренных участках эти показатели, как правило, ниже, чем на наветренных. По сравнению с контрольной территорией, низкие показатели суммарного обилия мелких млекопитающих в зоне техногенной нагрузки, свидетельствуют о том, что трансформация среды приводит к образованию изолированных поселений с резким доминированием одного или двух видов. Сообщества мелких млекопитающих с подобной структурой доминирования отражают нарушения экологической емкости и структурированности среды. На контрольном участке отмечено более высокое суммарное обилие, а распределение большинства видов отличается большей выравненностью, что говорит о меньшем влиянии антропогенной нагрузки.

Заключение

Техногенное воздействие алюминиевого производства города Павлодар приводит к снижению численности мелких млекопитающих, обеднению видового состава и нарушению структуры доминирования животных. По мере приближения к источникам загрязнения, в населении мелких млекопитающих снижается не только суммарное обилие, но и видовое богатство. Показатель суммарного обилия мелких млекопитающих в среднем по всем зонам техногенной нагрузки в период массового размножения был значительно ниже, чем на контрольной территории. Плотность населения и количество видов имеет тенденцию снижения от фоновых к импактным территориям при этом на подветренных участках эти показатели, как правило, ниже, чем на наветренных. Структура сообществ мелких млекопитающих на всех пробных участках зон техногенной нагрузки характеризуется значительной монодоминантностью. Больше половины всего населения здесь занимают узкочерепная полевка, степная мышовка и джунгарский хомячок. На участках с высокой техногенной нагрузкой в сообществе преобладают один или два вида. Изменения показателей индексов биоразнообразия и выравненности Симпсона (D и E) и Шеннона (H и J) имеют нелинейный характер. Самые низкие показатели биоразнообразия и выравненности характерны для буферных территорий ПАЗ и импактных – КЭЗ. На этих участках население мелких млекопитающих можно охарактеризовать, как малочисленное с обедненным видовым составом и с нарушенным распределением видов в сообществах. Более высокие показатели индексов биоразнообразия и выравненности отмечены на фоновых и контрольных территориях, а также на импактных участках ПАЗ и буферных – КЭЗ. В последних, по сравнению с импактными участками, условия для жизнедеятельности мелких млекопитающих более благоприятные, что выражается в более высоких показателях суммарного обилия и видового богатства и, как

следствие, в более высоких значениях информационных индексов. На импактных территориях ПАЗ видовое разнообразие и выравненность, за счет большего количества видов, достигают более высоких значений, чем на буферных участках, однако суммарное обилие здесь ничтожно низкое. На фоновых участках, в сравнении с буферными, показатели численности немного снижаются, но увеличивается видовое богатство, что приводит к повышению значений индексов видового разнообразия. Техногенное воздействие алюминиевого производства города Павлодар приводит к накоплению фтора в организмах животных, при этом в различных зонах техногенной нагрузки, фтор, в костных тканях грызунов аккумулируется неодинаково. Самые высокие средние концентрации валового фтора обнаружены у степной мышовки. У узкочерепной полевки, степной мышовки и джунгарского хомячка наблюдается тенденция линейного увеличения накопления фтора в костях, по мере приближения к заводу. Пик концентрации фтора в данных случаях приходится на ближайшее расстояние от заводов.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность докт. биол. наук А.И. Сысо (Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск) за возможность работы в лаборатории биогеохимии почв, а также докт. биол. наук Г.А. Конарбаевой и ведущему инженеру В.В. Демину (Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск) за ценные советы и помощь в проведении анализов определения фтора в костной ткани грызунов. Особую благодарность мы выражаем канд. биол. наук Т.А. Дупал (Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск) за предоставленные материалы по контрольному участку и за помощь в определении видов мелких млекопитающих.

Литература

- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции, сообщества. М.: Мир, 1989. 278 с.
- Головкова Т.В., Краснова Н.М. Определение валового фтора в почве с помощью ионоселективного электрода // Бюллетень почвенного института им. Докучаева. 1988. № 42. С. 19–22.
- Дупал Т.А. Глава 9: Млекопитающие // Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь). Новосибирск: СО РАН, 2010. С. 234–239.
- Ивантер Э.В., Медведев Н.В. Экологическая токсикология природных популяций птиц и млекопитающих Севера. М.: Наука, 2007. 229 с.
- Макарина Л.А. Оценка содержания фтора в почвах в зоне влияния АО «Алюминий Казахстана» и АО «Казахстанский электролизный завод» // Проблемы геологии и освоения недр: Труды 19-го междунар. симпозиума им. академика М.А. Усова, посв. 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией. Томск: Изд-во ТПУ, 2015. Т. 1. С. 634–636.
- Методика измерений массовых концентраций фторид ионов в питьевых, природных и сточных водах потенциометрическим методом. Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия (ФБУ «ФЦАО»). М., 2012. 13 с.
- Мухачева С.В. Особенности питания рыжей полевки (*Cletrionomys glareolus*, Shreber, 1780) в условиях техногенного загрязнения среды обитания // Сибирский экологический журнал. 2005. № 3. С. 523–533.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
- Наумов Н.П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и мед. зоологии:



сб. науч. тр. / под. ред. акад. Е.Н. Павловского. М.: Акад. мед. наук СССР. 1955. Т. 9. С. 179–202.

Павлинов И.Я., Лисовский А.А. Млекопитающие России: Систематико-географический справочник. М.: Т-во научн. изданий КМК, 2012. 604 с.

Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Эколого-геохимическая характеристика почв г. Павлодара Республики Казахстан // Вестник Томского государственного университета. № 292. 2006. С. 171–177.

Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Академия, 2004. 416 с.

Wilson D.E., Reeder D.M. Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. 3rd edition. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press. 2005. Vol. 1. 2142 p.

Свинцовое отравление диких животных и перспективы применения нетоксичных охотничьих боеприпасов

А.А. Сергеев

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова», г. Киров, Россия,
metalbird@mail.ru

Введение

Свинцовое отравление (плюмбизм) - широко распространенное неинфекционное заболевание антропогенного происхождения, поражающее в основном водоплавающих птиц, которое встречается везде, где ведется охота с применением свинцовой дроби.

Для большинства развитых стран запрет использования свинцовой дроби при охоте на водоплавающую дичь либо уже свершившийся факт, либо его планируется ввести в ближайшем будущем. Кроме того, ряд международных конвенций и соглашений, касающихся использования ресурсов мигрирующей водоплавающей дичи, предусматривают введение в странах-участниках запрета на использование свинцовой дроби. Так, обязательство по запрету свинцовой дроби служит одной из нескольких причин, по которым Россия пока не подписала Соглашения по охране афро-евразийских мигрирующих водно-болотных птиц (AEWA, 2002).

Исследования, проведенные до настоящего времени в России, касались в основном экологической стороны проблемы – свинцового отравления дичи и загрязнения окружающей среды солями тяжелых металлов. Техническая сторона проблемы разработана недостаточно, а социально-юридические аспекты ограничения использования свинца в охотничьих боеприпасах вообще не рассматривались.

Материалы и методы

Сбор, анализ и обобщение литературных данных, электронных баз нормативных правовых актов и публикаций в сети Интернет, касающихся разработки, производства, распространения и применения нетоксичных охотничьих боеприпасов (дроби для гладкоствольного и пуля для нарезного охотничьего оружия) в Российской Федерации и за рубежом.

В процессе полевых и камеральных работ использовались общепринятые методики. Добыча птиц осуществлялась ружейным способом. Вальдшнепы, гуменники и кряквы добыты весной в