

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Гагарская Н.К., Чернова Е.Н.

Начиная с 1972 года, полигоном для изучения миграции химических элементов и эколого-физиологических исследований животных в условиях избыточного аэрального поступления в окружающую среду тяжелых металлов (ТМ) была территория пади Малой Корейской [1-5], расположенная в 1 км к северу от завода в зоне ядра ореола рассеяния плавильного завода по пиromеталлургической переработке полиметаллических руд (пос. Рудная Пристань, Дальнегорского района Приморского края). В течение XX столетия на заводе выплавляли Pb, Bi, Ag, а остальные ТМ (Zn, Cu, Cd, As, Sb), содержащиеся в рудах, складировали. В атмосферный воздух, поверхностные воды и почву поступали в большом количестве биологически активные и агрессивные соединения ТМ и неметаллов в форме газообразных, растворимых и пылевых частиц: оксиды S, C и N, возгоны Pb, Zn, Cd, Sb и As, а также нерастворимые компоненты [1, 2, 6]. Климат района – муссонный. В летние месяцы для данного побережья характерны длительные туманы и морозящие дожди, что приводит к образованию кислотных осадков.

В годы наивысшей производительности завода (16 тыс. т/год Pb) падь Малая Корейская получала с аэральными поступлениями 2,5 г/м² сульфатов, 16,8 г/м² нерастворимых соединений, содержание Pb в дождях составляло 20-1330 мкг/л в растворенной форме и 17-609 мкг/л в нерастворимой форме [2].

После периода «перестройки» в стране (1990-2001 гг.), вызвавшего деградацию в экономике, в том числе и горнорудной промышленности, свинцово-плавильный завод в пос. Рудная Пристань резко снизил объем производства (до 7 тыс.т/год к 1996 г.), а в 2004 – полностью перешел на переплавку вторичного сырья. Соответственно многократно уменьшились выбросы соединений серы и ТМ в атмосферу. В силу многих причин научные исследования влияния тяжелых металлов на растительный и животный мир здесь не проводились с 1994 года. Вернуться в район исследований авторам удалось лишь в 2007 году.

Целью настоящей работы было выявление изменений микроэлементного состава основных видов древесной растительности, а также изменений у мелких млекопитающих морфофункциональных особенностей организма, произошедших в связи со снижением аэрального поступления тяжелых металлов и химических соединений серы в атмосферу.

За основу полевых исследований были взяты ранее изученные ключевые участки в пади Малая Корейская, где, начиная с 1982 по 1993 гг. отлавливались мышевидные грызуны. Исследуемые в 2007 г. участки в Малой Корейской пади и в фоновых районах совпадали с таковыми, описанными в работах [1-5]. Растительный покров на участке I (с-с-в экспозиция) формировался в олиготрофных условиях техногеосистемы на крутом склоне и представлен низкорослым дубняком с рододендромом и чубушником в подлеске, почвы – сильнокаменистые маломощные буроземы [1]. Растительный покров на участке II (ю-ю-в) формировался в эвтрофных условиях техногеосистемы, оптимальных для миграции элементов на менее крутом склоне. Он представлен лещиново-дубовым лесом на сильнокаменистых горных буроземах, имеющих развитый почвенный профиль и обеспечивающих хорошую аккумуляцию листовенного опада и формирование слоя подстилки [1]. Участок III находится в 4 км к юго-западу от свинцово-плавильного завода в пади Васьковской и характеризует регионально-фоновые условия. Для контроля в биосферном заповеднике «Сихотэ-Алиньский» (180 км к северо-востоку от пос. Рудная Пристань) исследовался участок IV в дубово-широколиственном лесу с рододендромом, чубушником и лещиной в подлеске.

С целью изучения изменений микроэлементного состава древесной растительности на тех же ключевых участках, где отлавливались грызуны, одновременно были отобраны листья доминантных видов деревьев: дуба монгольского (*Quercus mongolica*) и берез (*Betula dahurica*, *B. mandzhurica*). Каждая проба состояла из листьев от 30-50 деревьев, собранных на уровне 1,5 м от поверхности почвы. Препаративная и аналитическая обработка осуществлялась по стандартным методикам; содержание металлов определялось методом ААС.

Макроэлементный состав показал, что содержание Са и К сохранилось на прежнем уровне. Это свидетельствует о стабильности основных природных факторов и процессов (табл. 1).

Таблица 1

Макроэлементный состав листьев основных видов древесной растительности в пади Малая Корейская

Вид	Участок	Зольность %		% от сухой массы					
		2007	1986*	Ca		K		Mg	Na
				2007	1986*	2007	1986*		
Дуб монгольский	1	4,35	6,43	1,0	0,5-1,0	1,23	1,25	0,22	0,01
	2	4,36		0,63		0,65		0,15	0,01
	3	4,23	6,17	0,99	1,0	1,05	0,75	0,32	0,02
Береза	1	5,36		1,86		2,83		0,76	0,04
	3	5,73		1,36		0,98		0,44	0,03

* [2]

Что касается микроэлементного состава растительности, то в техногенных условиях концентрации всего ряда изученных элементов в листьях дуба уменьшились в несколько раз, особенно Pb и Mn - в 18 и 3 раза, соответственно (табл. 2). Интересен и тот факт, что в регионально – фоновых условиях, концентрации металлов также значительно уменьшились (Pb – в 5, а Mn – в 8 раз). В листьях березы концентрация Pb также уменьшилась – как в техногенных, так и в фоновых условиях – в 6 раз. В фоновых условиях концентрация Mn в листьях берез снизилась в 1,5 раза, а на участке с техногенным аэральным поступлением выросла более чем в 2 раза. Содержание Zn (более чем в 2,5 раза) выросло как в листьях берез 1 и 2 участков, так и 3. Оба металла являются биофильными элементами и очевидно, у берез, имеющих безбарьерный тип поглощения этих элементов, после дождя, прошедшего за 2 дня до отбора, усилилось поглощение данных микроэлементов. Следует отметить также, что в эвтрофных условиях 2 участка, наблюдаются более низкие концентрации металлов, за исключением Pb, чем в олиготрофных - 1 участка. Возможно, это связано с тем, что в эвтрофных условиях выше емкость почвенно-поглощающего комплекса и попадающие в почву с атмосферными выпадениями металлы связываются органическим веществом в менее доступные для организмов комплексы.

Таблица 2

Микроэлементный состав листьев основных видов древесной растительности в пади Малая Корейская

Вид	Линия	Концентрация, мкг/г сух. массы						
		Pb	Cu	Mn	Zn	Cd	Fe	Ni
Дуб монгольский	1	<u>8,96</u>	<u>4,7</u>	<u>121,0</u>	<u>40,11</u>	<u>0,24</u>	<u>52,7</u>	0,51
		161	7,5	384	65	1,41	72	
	2	8,87	2,8	32,0	18,13	0,06	12,9	0,52
Береза	1	<u>1,31</u>	<u>4,2</u>	<u>51,5</u>	<u>16,27</u>	<u>0</u>	<u>18,9</u>	0,38
		7	3,6	408	12	0,23	34	
	3	<u>34,1</u>	<u>5,6</u>	<u>892</u>	<u>1514</u>	<u>5,2</u>	<u>63,8</u>	1,2
208	7	399	600	6,3	79			
	3	<u>3,0</u>	<u>4,3</u>	<u>180</u>	<u>268,6</u>	<u>0,8</u>	<u>25,6</u>	0,17
	16,8	5	314	116	1	51		

В числителе – 2007 г, в знаменателе - 1986 г [1]

Изучение влияния техногенного пресса на мелких млекопитающих в пади Корейской проводилось с 1982 по 1993 гг. [3-5, 7]. Апробированный путь исследования воздействия ТМ на животных заключается в изучении экологических характеристик, морфофункциональных особенностей органов и наследственного аппарата мелких млекопитающих, свободно живущих в изучаемой зоне и выбранных в качестве тест-объектов. Таковыми в нашей работе являются фоновые виды мышевидных грызунов, характерные для данного региона: восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*) и полевая мышь (*Apodemus agrarius*). В организм млекопитающих ТМ проникают через органы дыхания, в меньшей степени – через пищеварительный тракт, накапливаясь в разных органах [3, 4, 5].

В ретроспективе сравнительный анализ населения мышевидных грызунов техногенной пади Малая Корейская и Сихотэалинского заповедника показывает, что под действием длительного техногенного пресса изменились их видовой состав и численность. В техногеосистеме исчез фоновый вид заповедника красно-серая полевка, доминантным стал эвритопный вид восточноазиатская мышь (в заповеднике он - субдоминант), а здесь субдоминантом стал факультативный синантроп полевая мышь. Численность восточноазиатской

мыши в заповеднике в разные годы колеблется 12-35 особей/100 ловушко-сут., тогда как в техногенных условиях - 2-8 особей/100 ловушко-сут.

В пади Малая Корейская ежегодно весной происходило заселение молодняка из смежных распадков, где были более благоприятные условия. Именно поэтому процесс размножения у грызунов в техногенной экосистеме начинался достаточно поздно – во второй декаде июня (тогда как в заповеднике – в начале мая). За счет элиминации и эмиграции особей, уходящих на зимовку в другие распадки, в пади Малая Корейская наблюдалось упрощение возрастной структуры популяции. Под действием ТМ на морфофункциональном уровне у мышевидных грызунов выявлено энергетическое перенапряжение организма, о чем говорят высокие индексы надпочечников – (0,45-0,56 мг/г) и низкие индексы печени – (39,7-48,2 мг/г). У самок было установлено уменьшение плодовитости (1-2 приплода по 3-4 эмбриона), увеличение частоты резорбции эмбрионов до 35-42%. Обнаружено большое количество особей (до 50-60%) с крайне увеличенной селезенкой, опоясывающей по брюшине желудок и печень. У этих же особей в крови было обнаружено повышенное содержание лейкоцитов. У самцов было обнаружено превышение нормы частоты аномалий головок спермиев (АГС) в 3-8 раз, у некоторых сперматогенез отсутствовал полностью [7, 8]; выявлено повышение уровня аномалий хромосом в соматических клетках грызунов, следствием чего является увеличение онкологических заболеваний. Анализ АГС и генетико-биохимические данные указывали на накопление мутаций в половых клетках мышевидных грызунов, которое увеличивает процент наследственных болезней и «генетический груз» патологии у потомства [9].

В 2007 г., после длительного периода уменьшения аэрального потока ТМ в пади Малая Корейская состав населения мышевидных грызунов не изменился: доминантным видом осталась восточноазиатская мышь, субдоминантным – полевая мышь. Численность увеличилась до 12-18 ос./100 л-с. Возрастная структура популяции усложнилась за счет наличия взрослых перезимовавших особей. Среди отловленных перезимовавших зверьков не обнаружено животных с энергетическим перенапряжением организма, что подтверждают индексы основных желез: индексы надпочечников варьируют от 0,08-0,14 мг/г, индексы печени – от 48,5 – 61,3 мг/г - это норма. У самок выявлено повышение плодовитости (2-3 помета по 5-6 эмбрионов). У самцов обнаружено значительное снижение АГС, сперматогенез в основном протекает нормально. Селезенка у отловленных мышевидных грызунов находится в норме: индекс - 0,05-0,06 мг/г. Однако для более точных выводов требуется дальнейший мониторинг экосистемы, подвергавшейся техногенному прессу почти весь XX век.

Таким образом, уменьшение аэрального потока ТМ от свинцово-плавильного завода привело к оздоровлению популяции мышевидных грызунов, к уменьшению концентраций микроэлементов в листьях основных видов древесной растительности. Полученные результаты свидетельствуют о значительной способности техногенной экосистемы к самоочищению. Однако микроэлементный состав листьев древесной растительности свидетельствует о депонировании ТМ, в частности Pb и Cd, в почве и продолжающемся их дальнейшем воздействии на животных и растения.

Авторы выражают благодарность В.С. Аржановой, к.б.н., с.н.с. ТИГ ДВО РАН за консультации и ценные советы в процессе подготовки статьи.

Литература

1. *Аржанова В.С., Елпатьевский П.В.* Геохимия ландшафтов и техногенез. – М.: Наука, 1990. – 196 с.
2. *Елпатьевский П.В.* Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. – М.: Наука, 1993. – 253 с.
3. *Игнатова Н.К.* Методы геохимического мониторинга в популяционной экологии // Второе Всесоюзное совещание «Геохимия техногенеза». - Минск, 1991. - С. 103-105.
4. *Игнатова Н.К.* Влияние техногенного пресса на население мышевидных грызунов в Сихотэ-Алине. Автореферат диссертации на соиск. уч. степ. кандидата биол. наук. - Владивосток, 1998. - 24 с.
5. *Игнатова Н.К., Христофорова Н.К.* Морфофункциональные изменения в организме мелких млекопитающих в условиях техногенного пресса. Известия АН. Серия биологическая, 2003, №3. - С. 345-350.
6. *Христофорова Н.К.* Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.
7. *Якименко Л.В., Картавцева И.В., Коробицина К.В.* Генетические нарушения у мышевидных грызунов в зоне техногенного загрязнения // Генетика. 1994. Т. 30. - С. 189.
8. *Yakimenko L.V., Krtavtseva I.V., Korobitsina K.V.* Cytogenetic and sperm abnormalities in house, wood and striped field mice in vicinities of chemical and lead plants // Abstr. the II Symp. Ecol. Genet. In Vammals. Univ. of Lodz, 19-22 Sept., Poland. Lodz. 1994. P. 25-26.

ECOLOGICAL MONITORING OF ELEMENT STRUCTURE AFFORESTATION AND MORPHO-FUNCTIONAL CONDITION OF SMALL MAMMALS IN POSTIMPACT ECOSYSTEM

Gagarskaya N.K., Chernova E.N.

It was investigated the element structure of leaf birch and oak and condition of small mammals in postimpact ecosystem. Pollution of heavy metals (Pb, Cd) was decreased from 1996 y, and after 2004y was put en end. It was ascertain improving from a health point of view small mammals and decrease concentration of Pb and Cd in leaf of birch and oak. But in soil was deposit high concentration of heavy metals.