

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫМИ УЧАСТНИКАМИ ТУНДРОВОЙ БИОТЫ НА ЗИМНИХ ПАСТБИЩАХ ЗАПАДНОГО ТАЙМЫРА**

*В статье приведен анализ потребления тяжелых металлов (ТМ) различными представителями фауны Таймыра (млекопитающими и птицами). Выявлены различия в объемах потребления ТМ при кормлении, связанные с кормовой специализацией животных. Установлены значительные загрязнения ТМ растительных компонентов тундровой биоты, а также выявлена возможность использования модельных видов растений как индикаторов загрязнения животного мира.*

**Ключевые слова:** Таймыр, дикий северный олень, белая куропатка, заяц-беляк, питание, тяжелые металлы, пастбища.

P.V. Kochkarev

**THE COMPARATIVE ANALYSIS OF HEAVY METAL CONSUMPTION BY PHYTOPHAGOUS TUNDRA BIOTA PARTICIPANTS ON THE WESTERN TAIMYR WINTER PASTURES**

*The analysis of heavy metals consumption by various Taimyr fauna representatives (mammals and birds) is given in the article. Distinctions in volumes of heavy metals consumption in feeding, connected with animals' fodder peculiarities are revealed. Considerable heavy metals pollution of tundra biota vegetative components is determined. The possibility of plants modeling types usage as fauna pollution indicators is revealed.*

**Key words:** Taimyr, wild reindeer, white partridge, white hare, nutrition, heavy metals, pastures.

**Введение.** Исследование природных популяций млекопитающих на предмет антропогенного воздействия на них, а особенно выбросов крупных промышленных предприятий, представляет интерес экологами и санитарно-гигиеническим, так как большинство крупных позвоночных используются человеком для питания.

**Цель исследований.** Провести анализ на присутствие тяжелых металлов (ТМ) в кормовых рационах трех растительноядных представителей фауны Таймыра. Выяснить, влияют ли избирательность потребления растительных кормов, различия в морфологии пищеварительной системы на аккумуляцию тяжелых металлов в организмах исследуемых животных, обитающих в одной биотопе.

**Объекты и методы исследований.** Для сравнительного анализа поступления микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов, нами выбраны следующие животные объекты: дикий северный олень (*Rangifer tarandus* L.1758); заяц-беляк (*Lepus timidus* L.1758); белая куропатка (*Lagopus lagopus* Montin, 1776). Все эти представители животного мира Таймыра в основе своего рациона имеют растительную пищу.

Материал собран на территории Западного Таймыра в период с 2004 по 2011 год в местах зимних концентраций дикого северного оленя. Нами исследованы только взрослые животные старше двух лет, возраст оленей и зайца определяли по методике Г.А. Клевезаль (1988), возраст куропаток по толщине надклювья и весу. При добыче животных производилась морфометрическая обработка и отбирался материал для анализа на содержание микроэлементов. У каждого объекта для анализа бралось: содержимое желудка, у птиц содержимое зоба; печень, почки, сердце, мышцы, волос и перья; содержимое прямого кишечника (экскременты). На пробных площадках собирались растения, которые поедали животные в зимний период. В различных морфологических частях растений (стебель, почки, кора) определялось содержание тяжелых металлов.

Ввиду специфичности потребления кормов различными представителями фауны Таймыра мы провели анализ концентрации ТМ в частях растений. Уровень основных ТМ определялся методом атомно-абсорбционного спектрохимического анализа на спектрофотометре, в ветеринарных лабораториях службы ветеринарного надзора Красноярского края и в лаборатории референтного центра управления Россельхознадзора по Красноярскому краю.

**Результаты исследований и их обсуждение.** ТМ в содержимом желудка зайца-беляка и дикого северного оленя на зимних пастбищах достоверно различаются друг от друга, имеют положительную коррелятивную зависимость от уровня содержания тяжелых металлов в частях растений, используемых этими животными в корм ( $r=0.68$ ,  $p=0.03$ ).

Как показали наши исследования, на изучаемых биотопах уровень накопления тяжелых металлов растениями, как в видовом аспекте, так и в анатомических частях, различен (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание ТМ в различных частях растений на зимних пастбищах Западного Таймыра (мг/кг сухого вещества)**

Место сбора материалов	Вид растения	Часть растения	Микроэлементы и тяжелые металлы					
			Hg	Pb	Cd	Cu	Ni	Fe
Западные зимние пастбища	Ольховник кустарниковый – <i>Duschekia fruticosa</i> (Rupr)	Побеги	0,003-0,005	0,02-0,05	0,2-0,95	5,8-12,5	2,3-4,8	9,6-25,3
		Почки	0,005-0,006	0,02-0,03	0,08-0,15	3,5-4,2	2,2-4,5	9,5-23,5
		Кора	0,004-0,006	0,34-0,9	0,15-0,22	10,2-16,1	1,4-3,6	65-112
	Ива сизая – <i>Salix glauca</i> L.	Побеги	0,004-0,006	0,009-0,05	0,2-0,82	11,9-13,8	1,6-5,2	3,9-29,7
		Почки	0,005-0,006	0,02-0,04	0,034-0,14	7,3-8,4	2,2-4,8	6,4-14,5
		Кора	0,003-0,006	0,25-0,54	0,21-0,56	8,9-12,4	2,1-3,1	45-87
	Ива арктическая – <i>Salix arctica</i> Pall	Побеги	0,002-0,003	0,01-0,05	0,08-0,12	10,2-12,1	1,9-5,1	42,3-76,2
		Почки	0,003-0,004	0,01-0,04	0,03-0,07	6,5-7,3	1,2-4,7	6,7-17,8
		Кора	0,004-0,005	0,12-0,35	0,26-0,46	7,8-10,5	2,5-3,8	56-95
	Осока – <i>Carex</i> (вид не определен)		0,005-0,007	0,05-0,09	0,08-0,16	9,5-12,3	1,9-4,2	33,6-185,6

Это, в свою очередь, сказывается на наличии тяжелых металлов в содержимом желудков (млекопитающих) и содержимом зоба (птицы) (табл.2).

Таблица 2

**ТМ в пробах содержимого желудков и зобов, животных на зимних пастбищах Западного Таймыра (мг/кг сухого вещества)**

Объект животного мира	Микроэлементы					
	Ars	Pb	Cd	Co	Ni	Fe
	M±m Lim	M±m Lim	M±m Lim	M±m Lim	M±m Lim	M±m Lim
Дикий северный олень (n=18)	0,006±0,001 0,005-0,009	1,0±0,15 0,9-1,68	0,19±0,08 0,07-0,32	0,2±0,04 0,15-0,26	1,9±0,35 1,26-3,1	152±15 111-181
Заяц-беляк (n=21)	>0,083	0,65±0,07 0,38-1,03	0,18±0,04 0,1-0,24	0,17±0,03 0,13-0,24	2,2±0,45 1,4-3,4	115±18 98-142
Белая куропатка (n=16)	>0,083	0,23±0,04 0,18-0,75	0,12±0,02 0,09-0,17	0,09±0,01 0,06-0,12	1,1±0,03 0,09-1,6	37±5 24-49

Содержание ТМ в основных кормах дикого северного оленя выше, чем содержание ТМ в кормах используемых зайцем-беляком и белой куропаткой. Зависимость содержания ТМ в основных растительных кормах северного оленя и в его внутренних органах отмечено также и другими авторами [Подкорытов, 1969].

Дикий северный олень на зимних пастбищах добывает корм из-под снега, раскапывая снежный покров практически до поверхности почвы. По данным исследователей, в зимний период основу питания северного оленя составляют травянистые корма (до 39%), травянистые ветошные (до 35%), от 25 до 30 % – веточки кустарников, кустарничков, редко кора [Вахтина, 1963; Колпащиков, 1977, 1982, 2000; Щелкунова, 1980, 2000; Ивантер, 2007]. Такие особенности в питании дикого северного оленя связаны с физиологией пищеварения копытных животных, имеющих многокамерный желудок. Необходимость потребления ими влажных кормов убедительно доказана А.А. Данилкиным на примере изучения питания сибирской косули в Курганской области (2011). В связи с этим дикий северный олень вынужден в поисках соответствующего корма раскапывать снег и активно передвигаться по пастбищу. Суточное потребление корма оленем в этот период составляет 8–11 кг [Колпащиков, 2000, 2004].

Специализация зайца-беляка основана на потреблении в зимний период коры и молодых побегов кустарниковой растительности, то есть потребляются наиболее доступные корма, оставшиеся над поверхностью снегового покрова. Количественный анализ содержимого желудков зайцев-беляков (n= 15), добытых в утреннее время в феврале, показал, что вес содержимого желудка колеблется от 75 до 165 г. Содержимое состоит из 67–80% коры ивы, ольхи, 15–35% концов веточек этих же кустарников.

Аналогична биологическая адаптация и куропаток, потребляющих в зимний период в основном почки и концевые побеги кустарников. Это, видимо, связано и с физиологией пищеварения пернатых, так как эти корма наилучшим образом перевариваются мускульным желудком куропаток в отсутствие гастролитов. Проведенный нами количественный анализ содержимого зоба куропаток (n =12), добытых в феврале в полуденное время, показал, что в зобе содержится от 35 до 78 г корма: от 210 до 445 шт. почек ольхи и ивы, от 12 до 20 концевых кусочков веточек длиной 1,5–2,5 см. По расчетам установлен средний уровень потребления (за одно кормление) белыми куропатками ТМ: Cd – 0.0018–0.004 мг/кг сух.в-ва; Fe – 0.17–0,26 мг/кг сух. в-ва и других ТМ.

### Выводы

1. Избирательность потребления кормов растительными представителями фауны Таймыра влияет на объем ТМ, проникающих в организм животных.
2. Имеется выраженное межвидовое различие в уровне загрязненности ТМ представителей тундровой биоты.
3. Техногенное загрязнение территории Западного Таймыра перешло порог, когда можно было бы говорить о незначительных загрязнениях.
4. Представляется возможным использовать модельные растения как индикаторы загрязнения животного мира.

### Литература

1. Вахтина Т.В. Тундровые кустарники и их использование в оленеводстве // Тр. НИИСХ Крайнего Севера. – Красноярск, 1963. – Т.11. – С.51–56.
2. Данилкин А.А. Курганский опыт восстановления, сохранения и использования ресурсов сибирской косули // Вестник охотоведения. – 2011. – Т.8. – № 2. – С. 179–187.
3. Ивантер Э.В., Медведев Н.В. Экологическая токсикология природных популяций птиц и млекопитающих Севера. – М.: Наука, 2007. – 230 с.
4. Клевезаль Г.А. Регистрирующие структуры млекопитающих в зоологических исследованиях. – М.: Наука, 1988. – 286 с.
5. Колпащиков Л.А. Использование зимних пастбищ дикими оленями// Проблемы охраны и хозяйственного использования ресурсов диких животных Енисейского Севера. – Новосибирск, 1977. – С.19–27.
6. Колпащиков Л.А. Дикий северный олень Таймыра (особенности экологии и рациональное использование ресурсов): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1982. – 23с.
7. Колпащиков Л.А. Таймырская популяция дикого северного оленя (биологические основы управления и устойчивого использования ресурсов): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Норильск, 2000. – 48 с.

8. Колпащиков Л.А. Олень северный // Фауна позвоночных животных плато Путоран. – М., 2004. – С. 369–377.
9. Подкорытов Ф.М. Содержание микроэлементов (Mn, Zn, Cu, Mo, Co, Ni, Pb) в почвах, кормовых растениях и в организме оленя в условиях Таймыра: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Дубровицы, 1969. – 24 с.
10. Щелкунова Р.П. Растительность и кормовые ресурсы для оленеводства: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1980. – 43с.
11. Щелкунова Р.П. Растительность и кормовые ресурсы оленеводства Таймыра // Аграрная Россия. – М., 2000. – №3. – С.36–38.



УДК 577.359

К.В. Шадрин, В.Г. Пахомова,  
А.П. Рупенко, И.И. Моргулис

### МЕТАБОЛИЗМ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В ИЗОЛИРОВАННОЙ ПЕРФУЗИРУЕМОЙ ПЕЧЕНИ КРЫСЫ

*В статье представлены результаты исследований метаболизма азотсодержащих и углеводных соединений в изолированной перфузируемой печени крыс после гипоксии, имитированной введением хлорида кобальта.*

**Ключевые слова:** гипоксия, метаболизм углеводов, метаболизм аминов, перфузия изолированного органа.

K.V. Shadrin, V.G. Pakhomova,  
A.P. Rupenko, I.I. Morgulis

### METABOLISM OF NITROGEN-CONTAINING COMPOUNDS IN THE ISOLATED PERFUSED RAT LIVER

*The research results on estimation of nitrogen-containing and carbohydrate compounds metabolism in the isolated perfused rat liver undergoing the hypoxic conditions simulated by cobalt chloride are presented in the article.*

**Key words:** hypoxia, carbohydrate metabolism, nitrogen-containing metabolism, isolated organ perfusion.

**Введение.** Гипоксия является патологическим процессом, возникающим при недостаточном снабжении тканей организма кислородом или нарушении его утилизации в процессе биологического окисления. Она возникает в биологических системах вследствие широкого спектра причин, включая как нормальные физиологические отклонения (при снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе), так и патологические состояния (дыхательная недостаточность [3, 16], анемия [7, 8], отравление токсичными веществами [10, 13]).

Одним из видов гипоксии, приводящих к воспалению мозга [11], повреждению почек и печени [10, 12, 13, 15], раку [6, 9], является гистотоксическая гипоксия. Она может быть следствием ишемии, как в случае инсульта [18], или воспаления, при нейро-воспалительных заболеваниях, таких как болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и рассеянный склероз [1]. Такой вид гипоксии можно имитировать хлоридом кобальта (CoCl<sub>2</sub>). Хлорид кобальта является общепризнанным агентом, имитирующим состояние гипоксии как *in vivo*, так и *in vitro* [5].

Известно, что хлорид кобальта также оказывает влияние на метаболизм аминокислот: аланина, гистидина и аспарагиновой кислоты [2]. Последняя участвует в процессе синтеза мочевины – главного механизма детоксикации аммиака, который проходит преимущественно в печени. Аммиак является высокотоксичным продуктом, который сформирован эндогенно в процессе катаболизма аминокислот в клетках млекопитающих или в результате уреолитического действия кишечных бактерий. Если концентрация аммиака превышает потенциал синтеза мочевины, проявляются токсические симптомы, такие как печеночная энцефалопатия и гипераммониемия [14, 17]. Поэтому очень важно понимать особенности метаболизма печени, из-за интенсивного изменения окружающей среды часто находящейся в экстремальном состоянии.