

УДК 591.5:546.81:546.56:546.47:546.711:598.2:502.2 (476.2)

Содержание тяжелых металлов в костной ткани птиц, обитающих на территории города Гомеля

Е. Г. ТЮЛКОВА

Введение

Охрана и контроль качества окружающей среды относятся к числу наиболее важных проблем, стоящих перед человечеством на современном этапе. Загрязнение биосферы отходами промышленного производства, бытовой химии, нефтепродуктами и пестицидами достигло угрожающих масштабов в нашей республике и во всем мире. В экологическом и токсиколого-гигиеническом аспектах особый интерес представляют тяжелые металлы, поскольку они достаточно широко и в больших количествах используются в промышленности и их накопление опасно в связи с высокой токсичностью [1].

Скорость распространения металлов от места их поступления в среду и накопления в тканях и органах живых организмов обуславливают атмосферные и водные потоки. Поэтому для экологического контроля за загрязнением необходим сопряженный анализ содержания тяжелых металлов в системе природная среда – вид индикатор.

В мониторинге окружающей среды в качестве биоиндикаторов широко используются птицы [2 – 4]. Многие виды птиц являются последними звеньями трофических цепей, а значит, концентрации токсикантов в их организмах достаточно велики. Кости птиц, накапливая многие микроэлементы, представляют удобный объект для мониторинга, так как состав костной ткани отражает характер и степень длительного воздействия различных загрязнителей на живые организмы.

Материалы и методы исследования

Анализ проб воды местности обитания сизых голубей как типичных растительноядных представителей орнитонаселения и их костной ткани проводились методом атомной абсорбции на спектрофотометре «Сатурн-3» с комплексом «Графит-2». Выполнение работы проводили в течение 2000-2005 гг. по ГОСТу 26929-86. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов [5] и по ГОСТу 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов [6]. Для повышения эффективности работы использовалась методика, позволяющая более эффективно подготовить пробы к определению в них тяжелых металлов и провести исследования [7].

Количественно оценивали содержание пяти следующих металлов: свинец, марганец, цинк, медь, железо. Такой выбор обусловлен тем, что эти элементы, с одной стороны, относятся к основным компонентам загрязнения окружающей среды, а с другой – играют важную роль в процессах жизнедеятельности человека и животных. С целью определения содержания *Pb, Mn, Zn, Cu, Fe* в костной ткани птиц и пробах воды проведено 520 анализов.

Сбор данных проводился на территории города Гомеля, который является важным транспортным и промышленным узлом Республики Беларусь. Это самый компактный в республике город. Такое расположение городских территорий, кроме массы положительных аспектов, создает ряд экологических проблем.

Загрязнение атмосферного воздуха территории города обусловлено влиянием выбросов промышленных предприятий, энергетики, транспорта, крупных производственных комплексов, трансграничным переносом.

Результаты анализа статистических данных [8] свидетельствуют о том, что предприятия машиностроения и металлообработки города вносят самый большой вклад в выброс загрязняющих веществ в атмосферу. Наиболее безопасными в этом плане являются торговля и материально-техническое снабжение и заготовки.

В целом, на территории города Гомеля условно выделяется три крупные промышленные зоны – западная, южная и северная.

Западная промышленная зона – зона высокого загрязнения атмосферы. Район отличается повышенной запыленностью; в целом на него приходится 885,6 т в год загрязняющих веществ*, что составляет 19,7 % общего объема выбросов.

Южная промышленная зона, которая компактно располагается на крайнем юге города, в Новобелицком районе. На южную промышленную зону приходится 1505,5 т в год загрязняющих веществ, что составляет 33,5 % общего объема выбросов по городу Гомелю.

Северная промышленная зона характеризуется также довольно высоким потенциалом объемного загрязнения (до 1600 км³ в год) и неблагоприятным расположением относительно районов города при воздействии летних северо-западных ветров. На северную промышленную зону приходится 2107,4 т в год загрязняющих веществ, или 46,8 % общего объема выбросов.

Для проведения анализа содержания тяжелых металлов в воде отбирались водные пробы из озер Любенское, Шапор, Круглое, Дедно, Волотовское, У-образное, Крайнее, Малое, расположенных на территории различных промышленных зон города Гомеля.

Результаты и их обсуждение

Результаты атомно-абсорбционного анализа показали, что накопление тяжелых металлов в костной ткани сизых голубей, обитающих на территории различных промышленных зон города Гомеля, происходит неравномерно (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в костной ткани сизых голубей

Тяжелые металлы	Промышленные зоны		
	северная	южная	западная
содержание тяжелых металлов, мг/100г сухой массы			
свинец	5,8±0,03	5,9±0,03	6,5±0,04
марганец	13,5±0,08	13,7±0,06	16,3±0,11
цинк	24,7±0,13	26,1±0,11	25,3±0,13
медь	1,1±0,01	1,1±0,01	1,2±0,01
железо	32,8±0,10	32,9±0,10	32,6±0,31

Данные таблицы 1 показывают, что в костной ткани птиц, обитающих в северной промышленной зоне, в преобладающем количестве накапливается железо; минимальная концентрация характерна для меди.

По мере убывания концентрации исследуемые элементы костной ткани сизых голубей северной промышленной зоны располагаются в следующий ряд: железо > цинк > марганец > свинец > медь, причем уменьшение концентрации цинка происходит в 1,3 раза по сравнению с железом; в 1,8 раза снижается концентрация марганца по сравнению с цинком; свинца накапливается в 2,3 раза меньше, чем марганца; в 5,1 раза снижается концентрация меди по сравнению со свинцом.

В костной ткани сизых голубей южной промышленной зоны в преобладающем количестве также накапливается железо; минимальная концентрация характерна для меди.

По мере убывания концентрации исследуемые элементы костной ткани сизых голубей южной промышленной зоны располагаются в следующий ряд: железо > цинк > марганец > свинец > медь, причем уменьшение концентрации цинка происходит в 1,3 раза по сравнению

* Здесь и далее имеются в виду выбросы загрязняющих веществ без очистки.

с железом; в 1,9 раза снижается концентрация марганца по сравнению с цинком; свинца накапливается в 2,3 раза меньше, чем марганца; в 5,4 раза снижается концентрация меди по сравнению со свинцом.

В костной ткани сизых голубей, обитающих на территории западной промышленной зоны, в преобладающем количестве, накапливается железо; минимальная концентрация характерна для меди.

По мере убывания концентрации исследуемые элементы костной ткани сизых голубей западной промышленной зоны располагаются в следующий ряд: железо > цинк > марганец > свинец > медь, причем уменьшение концентрации цинка происходит в 1,3 раза по сравнению с железом; в 1,6 раза снижается концентрация марганца по сравнению с цинком; свинца накапливается в 2,5 раза меньше, чем марганца; в 5,3 раза снижается концентрация меди по сравнению со свинцом.

Таким образом, результаты исследования костной ткани сизых голубей, обитающих на территории города Гомеля, показали, что больше всего в костях накапливается железо, причем максимальная его средняя концентрация в данных исследованиях зарегистрирована в костной ткани сизых голубей на территории южной промышленной зоны; минимальная – на территории западной. Далее по мере уменьшения концентрации идут цинк, марганец, свинец и медь, причем указанная закономерность характерна для всех промышленных зон города Гомеля. Максимальная средняя концентрация цинка зарегистрирована в костной ткани сизых голубей на территории южной промышленной зоны; минимальная – на территории северной; максимальная средняя концентрация марганца и свинца – на территории западной промышленной зоны; минимальная – на территории северной; максимальная средняя концентрация меди – на территории западной промышленной зоны; минимальная – на территории южной.

В целом, в костной ткани сизых голубей, обитающих на территории западной промышленной зоны, зарегистрированы самые высокие концентрации марганца, свинца и меди и минимальная концентрация железа; южной – максимальная концентрация для железа и цинка и минимальная – для меди; северная промышленная зона отличается минимальным содержанием цинка, марганца и свинца.

По величине изменчивости содержания того или иного тяжелого металла в костной ткани сизых голубей можно говорить о действии стабилизирующего отбора на территории конкретной промышленной зоны города Гомеля. Из данных таблицы 2 видно, что для свинца показатель изменчивости несколько уменьшается в направлении от самой чистой по выбросам без очистки западной зоны ($\sigma = 1,8$) к северной зоне – самой загрязненной ($\sigma = 1,7$); для марганца – показатель изменчивости в северной зоне ($\sigma = 4,5$) меньше по сравнению с западной ($\sigma = 5,4$); аналогичная картина наблюдается для железа ($\sigma = 5,8$ для северной зоны и $\sigma = 15,5$ – для западной зоны).

Таблица 2 – Изменчивость содержания тяжелых металлов в костной ткани сизых голубей на территории города Гомеля

Тяжелые металлы	Промышленные зоны		
	северная	южная	западная
стандартное отклонение (изменчивость) σ			
свинец	1,7	1,8	1,8
марганец	4,5	3,6	5,4
цинк	7,1	6,2	6,8
медь	0,7	0,6	0,5
железо	5,8	5,6	15,5

Результаты такого влияния факторов среды на содержание свинца, марганца и железа в костной ткани птиц, обитающих в различных промышленных зонах, возможно, говорят о том, что в конкретной промышленной зоне города сложилось экологическое напряжение, способствующее росту стабилизирующего отбора по этому показателю с увеличением за-

грязнения атмосферы промышленными выбросами. По величине изменчивости можно судить о том, что наиболее жестко протекает стабилизирующий отбор на территории северной промышленной зоны Гомеля, где выбросы в атмосферу без очистки наиболее велики, что также подтверждается данными расчета критерия Стьюдента, представленными в таблице 3.

Из данных таблицы 3 видно, что содержание всех исследуемых элементов в костной ткани сизых голубей (за исключением железа) на территории северной промышленной зоны при $P < 0,05$ достоверно отличается от этих показателей на территории южной и западной промышленных зон.

Так, для свинца $t = 2,5$ при $P < 0,05$ и $t = 14,0$ при $P < 0,05$ соответственно для указанных зон; для марганца – $t = 2,0$ при $P < 0,05$ и $t = 20,0$ при $P < 0,05$; для цинка – $t = 8,2$ при $P < 0,05$ и $t = 3,3$ при $P < 0,05$; для меди – $t = 10,0$ при $P < 0,05$. Причем, для свинца, марганца и меди критерий достоверности максимален именно между северной и западной промышленными зонами.

Таблица 3 – Критерий Стьюдента для промышленных зон г. Гомеля по содержанию тяжелых металлов в костной ткани

Тяжелые металлы / промышленные зоны	Промышленные зоны	
	Южная	Западная
Свинец		
Северная	2,5*	14,0*
Южная	–	12,0*
Марганец		
Северная	2,0*	20,0*
Южная	–	20,0*
Цинк		
Северная	8,2*	3,3*
Южная	–	4,7*
Медь		
Северная	–	10,0*
Южная	–	10,0*
Железо		
Северная	0,7	0,6
Южная	–	0,9

Примечания. Здесь достоверные отличия обозначены *.

Кроме того, достоверные отличия также выявлены между южной и западной промышленными зонами, что показывает достаточно высокие биоиндикационные свойства показателя содержания тяжелых металлов в костной ткани и возможность его использования в качестве биоиндикатора состояния городской среды.

Пробы воды отбирались из озер Любенское (западная зона), Шапор (южная зона), Круглое, Дедно, Волоотовское, У-образное, Крайнее, Малое (северная зона).

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в водных пробах

Тяжелые металлы	Промышленные зоны		
	северная	южная	западная
содержание тяжелых металлов, мг/л			
свинец	0,001±0,00008	0,002±0,00001	0,003±0,00002
марганец	0,2±0,0005	0,09±0,0003	0,06±0,0009
цинк	4,4±0,04	0,8±0,001	0,5±0,01
медь	0,06±0,001	0,04±0,0001	0,02±0,0001
железо	2,4±0,04	0,7±0,001	0,2±0,001

Результаты анализа водных проб, представленные в таблице 4, показали, что все изучаемые элементы, за исключением свинца, в преобладающем количестве определены в пробах из озер, расположенных на территории северной промышленной зоны.

Результаты проведения корреляционного анализа с целью установления наличия связи между содержанием тяжелых металлов в костной ткани птиц и пробах воды показали, что наибольшие в наших исследованиях коэффициенты корреляции установлены для указанных показателей на территории северной промышленной зоны, что показано в табл. 5.

Таблица 5 – Коэффициент корреляции по содержанию тяжелых металлов в костной ткани птиц и воде

Тяжелые металлы	Промышленные зоны		
	Северная	Южная	Западная
Свинец	0,4	0,2	0,1
Марганец	0,8	0,3	0,1
Цинк	0,4	0,2	0,2
Медь	0,5	0,4	0,4
Железо	0,7	0,2	0,2

Если рассматривать отдельные элементы, то наиболее высокие коэффициенты корреляции между содержанием тяжелых металлов в костной ткани птиц и пробах воды в северной промышленной зоне отмечены для марганца (0,8) и железа (0,7).

Оценку тесноты связи двух изучаемых показателей в зависимости от величины коэффициента корреляции осуществляли на основании шкалы:

0,1-0,3 – связь слабая;

0,3-0,5 – умеренная;

0,5-0,7 – заметная;

0,7-0,9 – высокая;

0,9-0,99 весьма высокая.

С учетом такой градации, на территории северной промышленной зоны наблюдается умеренно высокая связь между содержанием тяжелых металлов в костной ткани птиц и пробах воды, чего не отмечено на территории других промышленных зон города Гомеля, что также свидетельствует в пользу возможности использования для оценки степени трансформации экосистем, а также в качестве биоиндикатора состояния городской среды показателя содержания тяжелых металлов в костной ткани птиц.

Таким образом, на основании данных исследования, во-первых, установлено, что в костной ткани сизых голубей в преобладающем количестве накапливается железо, минимальная концентрация характерна для меди;

во-вторых, выявлен характер изменчивости содержания свинца, марганца и железа в направлении уменьшения от самой чистой по выбросам без очистки западной зоны к северной зоне – самой загрязненной;

в-третьих, между содержанием тяжелых металлов в костной ткани птиц и пробах воды установлена умеренно высокая корреляционная связь на территории северной промышленной зоны, чего не отмечено на территории других промышленных зон города Гомеля, что также свидетельствует в пользу возможности использования для оценки степени трансформации экосистем показателя содержания тяжелых металлов в костной ткани птиц.

Заключение

Проведенные исследования показали, что основная масса подземных органов луговых агроэкосистем в зоне Белорусского Полесья расположена в поверхностном слое почвы (0 – 10 см), отличающимся наибольшим запасом питательных веществ. Внесение минеральных удобрений способствовало образованию более компактной корневой системы и увеличению

концентрации корней в ее верхних горизонтах. С глубиной происходит резкое снижение содержания массы.

Максимум в накоплении подземной фитомассы в контроле наступил на восьмой год, а в удобренных вариантах – двенадцатый год.

Применение орошения приводило к уменьшению корневой массы по сравнению с неорошаемыми вариантами.

На торфяно-болотной почве запас подземной фитомассы оказался меньше, чем на дерново-подзолистой супесчаной почве.

При пастбищном использовании травостоя развивается упругая, прочная на разрыв дернина. При многократном стравливании травостоя скотом у видов многолетних трав формируется своя, специфическая для данного режима использования, корневая система.

Abstract. The content of heavy metals - lead, manganese, zinc, copper and iron - in bone tissues of the blue rock pigeons living in the territory of various industrial zones of Gomel-city is investigated in the paper. The character of variability of the content of heavy metals and authentic differences of the content of heavy metals in bone tissues of the birds living in the territory of various industrial zones is established.

Литература

1. Тиво, П.Ф. Тяжелые металлы и экология / П.Ф. Тиво, И.Г. Быцько. – Мн.: ЮНИПОЛ, 1996. – 192 с.
2. Лебедева, Н.В. Экотоксикология и биогеохимия географических популяций птиц / Н.В. Лебедева. – М.: Наука, 1999. – 199 с.
3. Тюлькова, Е.Г. Влияние тяжелых металлов, содержащихся в костной ткани, на формирование параметров яиц грача в крупных промышленных центрах (на примере города Гомеля) / А.Н. Кусенков, Е.Г. Тюлькова // Весн. Брэсцкага ун-та. – 2007. – №1 (28). – С. 92-99.
4. Тюлькова, Е.Г. Влияние тяжелых металлов, содержащихся в костной ткани, на формирование параметров яиц сизого голубя в крупных промышленных центрах (на примере города Гомеля) / Е.Г. Тюлькова // Весн. Мазырскага дзярж. пед. ун-та. – 2007. – №4 (19). – С. 35-42.
5. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов: ГОСТ 26929-86. – Введ. 01.01.88. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1988. – 8 с.
6. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. – Введ. 01.01.98. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 12 с.
7. Свириденко, В.Г. Физико-химические методы в экологии: практическое руководство для выполнения курсовых и дипломных работ студентами специальностей Н.06.01 «Экология» и Н.04.01. «Биология» / В.Г. Свириденко [и др.]. – Гомель: ГомГУ им. Ф. Скорины, 2002. – 122 с.
8. Годовой обзор состояния загрязнения атмосферного воздуха в городе Гомеле за 2006 год / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Департамент метеорологии, Гомельский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / лаборатория экологического мониторинга ГУ «Гомельоблгидромет». – Гомель, 2006. – 25 с.