

## ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ ПТИЦ-УРБОФИЛОВ НА ПРИМЕРЕ СЕРОЙ ВОРОНЫ

Пономарев В.А.<sup>1</sup>, Клетикова Л.В.<sup>2</sup>, Пронин В.В.<sup>2</sup>, Нода Н.Б.<sup>3</sup>, Рябов А.В.<sup>1</sup>,  
Якименко Н.Н.<sup>2</sup>, Хозина В.М.<sup>2</sup>, Мартынов А.Н.<sup>2</sup>, Клетиков С.С.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет (Шуйский филиал)», Иваново, Россия (155908, г. Шуя, ул. Кооперативная, д.24), [sgpu@tpi.ru](mailto:sgpu@tpi.ru);

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА», Иваново, Россия (153012, г. Иваново, ул. Советская, д.45), [rektorat@ivgsha.ru](mailto:rektorat@ivgsha.ru);

<sup>3</sup> ФГБУ «САС «Ивановская»», Иваново, Россия, 153506, с. Богородское, [noda.irina@yandex.ru](mailto:noda.irina@yandex.ru);

<sup>4</sup> ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет», Иваново, Россия (153000, г. Иваново, Шереметьевский пр-т, д.7), [rector@isuct.ru](mailto:rector@isuct.ru)

В ответ на накопление тяжелых металлов птицы реагируют генетическими, физиологическими и поведенческими изменениями. Наиболее массовым видом в Ивановской области является серая ворона, которая отличается высоким метаболизмом, всеядностью и толерантностью. Среди эссенциальных элементов в органах и тканях серых ворон преобладают железо, цинк и медь, среди потенциально опасных и токсичных (мг/кг) – никель (0,21–3,54), свинец (0,025–2,93), кадмий (0,008–0,15) и кобальт (0,0–0,13). Токсиканты не превышают фоновых значений, установленных в Ивановской области. В сыворотке крови содержание белка от 26,9 до 56,23 г/л, глюкозы и триглицеридов соответственно 14,8–23,77 и 0,67–1,01 ммоль/л. У молодых синантропных ворон отмечается высокая энзиматическая активность. Концентрация кальция и фосфора снижается, а уровень хлоридов, магния и железа увеличивается с возрастом птиц. Большой диапазон изучаемых показателей свидетельствует о гетерогенности популяции и характера потребляемого корма.

Ключевые слова: серая ворона, антропогенная среда, поллютанты, тяжелые металлы в тканях и органах, биохимические исследования крови

## THE CHEMICAL'S ECOLOGY OF URBOFIL'S BIRDS ON EXAMPLE OF GRAY CROW

Ponomarev V.A.<sup>1</sup>, Kletikova L.V.<sup>2</sup>, Pronin V.V.<sup>2</sup>, Noda I.B.<sup>3</sup>, Ryabov A.V.<sup>1</sup>,  
Yakimenko N.N.<sup>2</sup>, Hoshina V.M.<sup>2</sup>, Martinov A.N.<sup>2</sup>, Kletikov S.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ivanovo State University (Shuya branch), Ivanovo, Russia (155,908, Shuya, Condominium St., 24), [sgpu@tpi.ru](mailto:sgpu@tpi.ru);

<sup>2</sup> Ivanovo State agricultural Academy n.a. D. K. Belyaev, Ivanovo, Russia (153012, Ivanovo, Sovetskaya St., 45), [rektorat@ivgsha.ru](mailto:rektorat@ivgsha.ru);

<sup>3</sup> SAS «Ivanovo» Ivanovo, Russia;

<sup>4</sup> «Ivanovo State University of Chemistry and Technology», Ivanovo, Russia (153000, Ivanovo, Sheremetyevo Ave, 7), [rector@isuct.ru](mailto:rector@isuct.ru)

In response to the accumulation of heavy metals react poultry genetic, physiological and behavioral changes. The most widespread type in the Ivanovo region is a gray crow that has a high metabolism, omnivorous and tolerance. Among the essential elements in organs and tissues of gray crows predominant iron, zinc and copper are among the potentially dangerous and toxic (mg/kg) — Nickel (0,21–3,54), lead (0,025–2,93), cadmium (0,008–0,15) and cobalt (0,0–0,13). Toxicants not exceed background values established in the Ivanovo region. Serum protein content of 26,9 to 56,23 g/l glucose and triglycerides and accordingly 14,8–23,77 0,67–1,01 mmol/l. Young crows commensal high enzymatic activity. The concentration of calcium and phosphorus, is reduced, and the level of chlorides, magnesium and iron are increased with age birds. Wide range of the studied parameters indicative of heterogeneity of the population and the nature of food consumed.

Keywords: gray crow, built environment, pollutants, heavy metals in tissues and organs, biochemical blood tests

Гетерогенность городской среды отражается на распределении тяжелых металлов во всех живых организмах – урбофилах и урбофитах [8]. Проблема накопления поллютантов и воздействия на живые объекты занимается экологическая токсикология, которая позволяет оценить реакцию всех живых систем на химическое загрязнение окружающей среды [5]. В этой связи птицы городов являются уникальными индикаторами изменений биотопов, так

как известна их способность накапливать тяжелые металлы в организме при повышенном содержании в окружающей среде, что связано с высокой интенсивностью метаболизма [1]. Так, изучение химического элементного состава птиц Ростовской области показало, что в их органах и тканях определяется до 72 элементов Периодической системы Д.И. Менделеева. Однако большинство элементов рассеиваются птицами в окружающей среде, и лишь для немногих из них, являющихся жизненно необходимыми или загрязнителями окружающей среды, птицы выступают как концентраторы [9]. По многолетним наблюдениям В.А. Пономарёва и соавторов, в Ивановской области доминирующими видами выступают врановые, голубиные и мелкие воробьиные птицы. Среди врановых птиц наиболее многочисленными видами являются серая ворона (*Corvus cornix*), грач (*Corvusfrugilegus*) и галка (*Corvusmonedula*) с учетом минимальной численности сороки (*Picarica*); среди голубиных – сизый голубь (*Columbalivia*); из мелких воробьиных – полевой (*Passermontanus*) и домовый (*Passerdomesticus*) воробьи. Во время зимних миграций отмечены скопления большой синицы (*Parusmajor*); обычным многочисленным видом на гнездовании является белая трясогузка (*Motacillaalba*) [4; 6]. Роль доминантных видов птиц в круговороте химических элементов в урболандшафтах существенна, поскольку они обладают значительной биомассой, и накопление тяжелых металлов в организме птиц ведет к перераспределению и накоплению их в городах.

Птицы в ответ на антропогенные нагрузки реагируют структурными, поведенческими, генетическими и физиологическими изменениями [11], снижаются их репродуктивные показатели, продолжительность жизни, иммунологическая толерантность, возникают нарушения функции центральной нервной системы [10]. Например, избыток селена вызывает выпадение перьев [2], кадмия и хрома – нарушение метаболических процессов [16], ртути – врожденные уродства и слепоту у птенцов [13]. Накопление тяжелых металлов и приравненных к ним токсикантов вызывает изменение биохимических констант и гомеостаза [7; 12], проявляющееся нарушением обмена кальция, анемией [1], нарушением перекисного окисления липидов, повреждением биологических мембран.

Однако в Ивановской области подобных исследований не проводилось, в связи с чем **целями настоящего исследования явились** изучение накопления птицами-урбофилами тяжелых металлов в тканях и органах и биохимический анализ крови.

**Объектом исследования** послужил доминирующий вид – серая ворона (*Corvus cornix*).

**Предмет исследования:** химическая оценка органов и тканей, биохимический анализ сыворотки крови.

**Материалы и методы исследования**

Работа проведена в течение 2014–2015 гг. Материалом для определения тяжелых металлов послужили мышечные ткани груди и бедра, печень и маховые перья, взятые из правого крыла птиц. Анализ выполняли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Квант-2А в ФГБУ «САС «Ивановская»». Биохимические исследования сыворотки крови проводили в лечебно-профилактическом и лабораторно-диагностическом центре «Ветасс» кафедры акушерства, хирургии и незаразных болезней животных Ивановской ГСХА. Взятие крови проводили из подкрыльцовой вены в вакуумные пробирки для специальных биохимических исследований сыворотки крови с активатором свертывания. Определяли содержание общего белка, альбумина, мочевины, креатинина, глюкозы, триглицеридов (ТГ), холестерина, кальция, фосфора, магния, хлоридов, железа, активность щелочной фосфатазы (ЩФ), аланинаминотрансферазы (АЛТ); аспаргатаминотрансферазы (АСТ), гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ),  $\alpha$ -амилазы на биохимических анализаторах BioChem VA (США) и ВА-88А (Китай).

### **Результаты и их обсуждение**

Минеральный состав организма птиц весьма разнообразен, большая часть микроэлементов выполняет жизненно важные функции, принимая участие в обмене веществ и являясь неотъемлемыми компонентами целого ряда ферментов. Кроме того, железо входит в состав гемоглобина, миоглобина и ферритина; медь обладает дезинтоксикационными свойствами; цинк формирует гормон инсулин; марганец участвует в распаде пировиноградной кислоты; кобальт занимает центральное место в составе витамина В<sub>12</sub>, обладает способностью накапливаться в железах внутренней секреции; кадмий активирует некоторые гормоны и ферменты; никель и свинец концентрируются в перьевом покрове птиц и органах с высокой метаболической активностью [14].

Содержание эссенциальных элементов, таких как железо, цинк и медь, значительно выше, чем всех прочих, что объясняется их функцией в организме. У молодых птиц в перьевом покрове относительно высокая концентрация железа. Как известно, пигменты гемоглобина и меланина в темных перьях, содержащие в своем составе железо, связывают тяжелые металлы, которых достаточно много в загрязненном воздухе городов, и позволяют очищать от них кровь [15]. Возможно, что тяжелые металлы в перьях у птиц выполняют дезодорирующую, акарицидную, инсектицидную и фунгицидную функции.

Концентрация элементов, представляющих определенную опасность для здоровья птиц (свинца, кадмия и никеля), не превышает пороговых значений, и основная масса этих элементов сосредоточена в перьевом покрове птиц, лишь кадмий обладает выраженным тропизмом к тканям печени. Его содержание в печени взрослых птиц превышает аналогичные показатели у молодых ворон в перьях, мышцах бедра и груди соответственно в

2,24; 15,0 и 18,75 раза (табл. 1). У взрослых птиц содержание кадмия в печени выше, чем у молодняка, в 2 раза.

Концентрация никеля у взрослых птиц в мышцах груди и печени превышает показатель у молодых птиц более чем в 2 раза, однако в перьевом покрове молодняка содержание Ni больше в 2,38 раза.

Уровень свинца в мышечной ткани и перьевом покрове взрослых птиц ниже, чем у молодняка, в то время как в печени взрослых ворон его в 2 раза больше.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в органах и тканях серой вороны, мг/кг,  $M \pm m$

Ткань/орган	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Fe
Взрослые птицы								
Мышцы груди	3,45 ±0,03	9,75 ±0,23	0,025 ±0,002	0,008 ±0,001	0,45 ±0,06	0,008 ±0,001	0,17 ±0,03	41,20 ±0,71
Мышцы бедра	3,45 ±0,07	9,75 ±0,31	0,10 ±0,02	0,010 0,003	0,25 ±0,02	0,020 ±0,000	0,18 ±0,01	40,80 ±0,50
Печень	4,50 ±0,06	25,0 ±0,98	0,50 ±0,07	0,15 ±0,02	0,52 ±0,04	0,010 ±0,000	0,55 ±0,04	171,20 ±3,72
Перо	5,62 ±0,05	64,85 ±1,05	0,915 ±0,015	0,067 ±0,002	1,49 ±0,14	0,063 ±0,004	3,605 ±0,725	48,60 ±0,64
Молодняк (слетки)								
Мышцы груди	3,73 ±0,26	9,75 ±0,54	0,35 ±0,03	0,008 ±0,001	0,21 ±0,01	0,003 ±0,000	0,22 ±0,02	38,80 ±1,1
Мышцы бедра	4,25 ±0,31	9,75 ±0,21	0,35 ±0,01	0,010 ±0,000	0,35 ±0,02	не обнаружено	0,23 ±0,01	40,00 ±0,93
Печень	4,70 ±0,44	18,00 ±1,06	0,25 ±0,03	0,075 ±0,007	0,24 ±0,00	0,015 ±0,001	0,53 ±0,04	42,20 ±1,08
Перо	4,05 ±0,07	65,80 ±1,89	2,93 ±0,04	0,071 ±0,003	3,54 ±0,03	0,13 ±0,02	8,30 ±0,74	78,40 ±1,86

Таким образом, у взрослых птиц накопление тяжелых металлов происходит главным образом в печени, в то время как у молодых птиц — в мышечных тканях и перьевом покрове. Поступление их в организм птенцов происходит трансвариально, а также в раннем посэмбриогенезе, обусловленном использованием запаса питательных веществ желточного мешка и особенностями рациона.

При анализе биохимических показателей сыворотки крови выявлено, что у взрослых птиц содержание белка больше на 52,16%, чем у молодняка (табл. 2), концентрация альбумина составила 44,34 и 49,44% соответственно у взрослых птиц и молодняка, что является физиологической нормой. Низкий уровень креатинина, глюкозы и триглицеридов у молодых птиц (слетков) может быть связан с процессами становления обмена веществ, недостатком корма, низкой мышечной массой и высокой скоростью роста внутренних органов и костяка, повышенным расходом энергии для поддержания температуры тела [3].

Содержание холестерина в крови у молодняка по сравнению со взрослыми птицами больше на 15,5%; очевидно, его синтез необходим для продукции желчных кислот и построения структур растущего организма.

Таблица 2

Биохимические показатели сыворотки кровисерой вороны,  $M \pm m$

<i>Исследуемый показатель</i>	<i>Единицы измерения</i>	<i>Взрослые птицы</i>	<i>Молодняк</i>
Общий белок	г/л	56,23±4,43	26,90±0,54
Альбумин	г/л	24,93±3,31	13,30±0,27
Креатинин	мМоль/л	62,41±1,36	63,90±0,70
Мочевина	мМоль/л	1,36±0,26	1,51±0,18
Глюкоза	мМоль/л	23,77±6,01	14,80±0,32
Холестерол	мМоль/л	2,86±0,31	3,37±0,42
Триглицериды	мМоль/л	1,01±0,15	0,67±0,26
АЛТ	Ед/л	86,87±2,16	208,50±7,94
АСТ	Ед/л	317,60±66,30	345,90±54,81
Щелочная фосфатаза	Ед/л	215,57±16,43	1999,00±32,09
$\alpha$ -амилаза	Ед/л	1060,70±138,30	2714,80±151,92
ГГТ	Ед/л	0,70±0,05	0,21±0,01
Кальций	мМоль/л	1,84±0,08	2,70±0,12
Фосфор	мМоль/л	1,36±0,27	1,98±0,20
Хлориды	мМоль/л	186,00±2,07	177,20±1,13
Магний	мМоль/л	1,56±0,03	1,27±0,02
Железо	мМоль/л	18,72±0,09	15,66±0,44

Более высокая энзиматическая активность у молодняка птиц является показателем становления физиологических процессов в организме и зависит от особенностей потребляемого корма [3]. Активность щелочной фосфатазы, концентрация кальция и фосфора в крови служат показателями интенсивного роста костяка у молодых птиц. Кальций активизирует распад липидов, возможно, поэтому его уровень в крови птенцов выше на 46,74%, а количество триглицеридов меньше (на 33,66%), чем у взрослых птиц. В то же время содержание магния у взрослых птиц больше, чем у молодняка, на 18,59%, при более низком уровне кальция и может быть следствием того, что магний вытесняет кальций из обмена минеральных и белковых соединений. В содержании хлоридов у взрослых птиц и молодняка не выявлено достоверных отличий. В составе плазмы хлориды играют важную роль в поддержании осмотического давления и необходимы для синтеза соляной кислоты стенками желудка, что особо важно для всеядных птиц-урбофилов. Содержание железа в крови у взрослых ворон больше, чем у молодняка, на 16,35%, также его больше в тканях печени и мышц.

Таким образом, для молодняка птиц характерно становление физиологических процессов, сопровождающееся относительно низким содержанием белка, углеводов, триглицеридов и высокой энзиматической активностью.

## **Выводы:**

1. Содержание тяжелых металлов в тканях и органах серой вороны ниже фоновых показателей для Ивановской области, предельно допустимых концентраций и норм, установленных СанПиН 2.3.2.560-96.
2. Максимальная концентрация кобальта – 0,13 мг/кг – установлена в перьевом покрове молодых птиц при его отсутствии в мышцах бедра.
3. Наименьшее содержание свинца выявлено в грудных мышцах взрослых серых ворон – 0,025 мг/кг, максимальное – 2,93 мг/кг в перьевом покрове молодняка.
4. Выраженным тропизмом к тканям печени обладают кадмий и железо, достигая у взрослых птиц уровня 0,075 и 171,20 мг/кг соответственно.
5. Наиболее высокая концентрация меди, цинка, свинца, никеля, марганца выявлена в перьевом покрове, через который происходит освобождение организма птиц от токсикантов.
6. Содержание в крови серых ворон общего белка и его фракций, глюкозы, креатинина, триглицеридов, хлорид-ионов, магния и железа увеличивается, а содержание мочевины, холестерина, кальция и фосфора снижается с возрастом птиц.
7. Активность ферментов выше у молодых птиц в связи с интенсивными процессами роста и развития.
8. Широкий диапазон изучаемых показателей свидетельствует о гетерогенности популяции.
9. На процессы обмена веществ и накопления тяжелых металлов в тканях и органах оказывают влияние качество потребляемого корма и местообитание птиц.

## **Список литературы**

1. Бельский Е.А. Экология птиц импактных регионов [Текст]/ Е.А. Бельский: Автореф... док. биолог. наук. – Екатеринбург, 2010. – 32 с.
2. Иваненко Н.В. Экологическая токсикология. [Текст] / Режим доступа: [http://abc.vvsu.ru/Books/ecolog\\_tocsicolog/page0006.asp](http://abc.vvsu.ru/Books/ecolog_tocsicolog/page0006.asp) (дата обращения: 25.08.2015).
3. Клетикова Л.В. Выращивание яичной птицы в условиях промышленного птицеводства: проблемы адаптации. [Текст]/ Л.В. Клетикова. – Шуя: ФГБОУ ВПО «ШГПУ», 2012. – 96 с.
4. Константинов В.М., Пономарев В.А. Синантропизация и урбанизация одиночно гнездящихся врановых птиц. [Текст]/ В.М. Константинов, А.А. Пономарев // Орнитологические исследования в Сибири и Монголии. – Улан-Удэ: Бурятский гос. университет, 2003. – С. 124–146.

5. Общая токсикология [Текст] / Под ред. А.О. Лойта. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2006. – 224 с.
6. Пономарев В.А. Особенности размещения гнезд серой вороны в урбанизированных ландшафтах Ивановской области. [Текст] / В.А. Пономарев // Врановые птицы: экология, поведение, фольклор. – Саранск: МГПУ, 2002. – С. 101–110.
7. Пономарев В.А. [и др.]. Клинические и биохимические показатели крови птиц [Текст] / В.А. Пономарев, В.В. Пронин, Л.В. Клетикова, Л.В. Маловичко, Н.Н. Якименко. – Иваново: ПресСто, 2014. – 288 с.
8. Ручин А.Б., Мещеряков В.В., Спиридонов С.Н. Урбозоология для биологов [Текст] / А.Б. Ручин, В.В. Мещеряков, С.Н. Спиридонов. – М.: КолосС, 2009. – 195 с.
9. Савицкий Р.М. Геохимическая экология городских птиц: на примере Ростовской области [Текст]/Р.М. Савицкий: Автореф....канд. биолог. наук. – Ростов-на-Дону, 2003. – 23 с.
10. Сергеев А.А. Тяжелые металлы в охотничьих птицах Кировской области (биологические, индикационные и санитарно-гигиенические аспекты) [Текст] / А.А. Сергеев: Автореф...канд. биолог. наук. – Ростов-на-Дону, 2003. – 24 с.
11. Сорокина Т.В. особенности накопления тяжелых металлов водоплавающими и околоводными птицами Азово-Черноморского бассейна [Текст] / Т.В. Сорокина: Автореф...канд. биолог. наук. – Ростов-на-Дону, 2002. – 24 с.
12. Хозина В.М., Якименко Н.Н., Пономарев В.А., Клетикова Л.В. Гемато-биохимический профиль модельного вида птиц на примере большой синицы (*Parus Major L.*), обитающей в урбанизированной среде. [Текст]/ В.М. Хозина, Н.Н. Якименко, В.А. Пономарев, Л.В.Клетикова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/123-17915> (дата обращения: 18.03.2015).
13. Чибисова Н.В., Долгань Е.К. Экологическая химия [Текст] / Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/ecochem/> (дата обращения: 26.08.2015).
14. Шапиро Я.С. Биологическая химия [Текст] /Я.С. Шапиро. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2004. – 368 с.
15. Chatelain, M. The adaptive function of melanin-based plumage coloration to trace metals / M. Chatelain, J. Gasparini, L. Jacquin., A. Frantz // *Biology Letter* 2013. № 10:3. 5 с.
16. Sahin K. Effects of dietary chromium and ascorbic acid supplementation on digestion of nutrients, serum antioxidant status, and mineral concentrations in laying hens reared at a low ambient temperature / K. Sahin, N. Sahin, O. Kucuk // *Biol. Trace Elem. Res.* — 2002. — Vol. 87, № 1–3. — P. 113–124.

**Рецензенты:**

Пономарев А.П., д.б.н., профессор, профессор кафедры биологии и экологии Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столыпиных, г. Владимир;

Рахимов И.И., д.б.н., профессор, профессор кафедры биоэкологии, гигиены и общественного здоровья Казанского федерального университета МОиН РФ, г. Казань.