

598.2:591.5

С133

8/ч

На правах рукописи

САВИЦКИЙ Рамиз Мамедович

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКИХ ПТИЦ
(на примере Ростовской области)**

Специальность 03.00.16 – Экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ставрополь

2003

Работа выполнена в Ростовском государственном университете и
в Азовском филиале Мурманского морского биологического института
Кольского Научного Центра РАН

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Лебедева Наталья Викторовна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Венгеров Петр Дмитриевич
кандидат биологических наук
Ильях Михаил Павлович

Ведущая организация: Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

Защита диссертации состоится « 18 » декабря 2003 г. в 14 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.256.07 при Ставропольском государственном
университете по адресу: 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д.1, корп. 2, ауд.
506

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ставропольского
государственного университета.

Автореферат разослан « 17 » ноября 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд.биол.наук, доцент


Н.Г. Лиховид

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

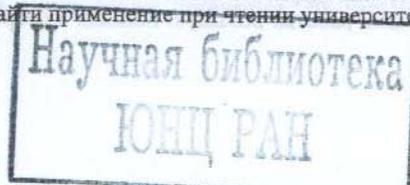
Актуальность. Урбанизация вызывает снижение качества местообитаний, сокращение площади территорий, используемых животными, что приводит к снижению видового разнообразия, сокращению численности многих видов, изменению экологии и структуры сообществ. В городе, как экосистеме, изменены все экологические условия по сравнению с природными территориями: на животных воздействует повышенная температура, шумовой эффект, загрязнение атмосферы, почвы и воды, возрастает уровень беспокойства со стороны человека, домашних и бродячих животных. Рост и расширение городов приводят к сокращению естественных биоценозов, что ведет к увеличению рекреационной нагрузки на зеленые зоны города и прилегающие природные территории. Наиболее сильно техногенное геохимическое воздействие на природную среду и население проявляется в крупных промышленных городах, которые по интенсивности загрязнения и площади аномалий загрязняющих веществ представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические провинции. Развитие экотоксикологии, занимающейся проблемами накопления поллютантов и воздействия на живые объекты, позволяет оценить реакцию живых систем на химическое загрязнение окружающей среды. В последнее время разработано и активно развивается новое направление в экологии – экотоксикология птиц (Лебедева, 1996, 1999). Внимание исследователей привлекают процессы, происходящие в популяциях птиц под действием различного рода загрязнения.

Целью нашего исследования являлась оценка роли птиц в миграции химических элементов на примере городских и пригородных популяций модельных видов птиц.

В **задачи исследования** входило: изучение видового разнообразия городских птиц, выявление доминирующих видов и их роли в экосистеме города, на примере Ростова–на–Дону; оценка общих уровней накопления металлов наземными птицами; сравнение уровней содержания некоторых металлов в органах и тканях птиц из разных местообитаний; определение особенностей накопления химических элементов в организме птиц на разных стадиях индивидуального развития; геохимическая характеристика модельных видов птиц; роль городских птиц в миграции тяжелых металлов.

Научная новизна диссертации состоит в том, что впервые для г. Ростова–на–Дону приведены списки птиц, встречающихся на его территории и изучено разнообразие птиц в различных городских биотопах, показана геохимическая роль городских птиц. Впервые в большом объеме представлены материалы по содержанию тяжелых металлов и других элементов в популяциях наземных птиц городских и пригородных популяций для Ростовской области. Выявлены видовые и возрастные особенности накопления тяжелых металлов, а также зависимость их содержания от типа питания и местообитания.

Практическое значение результатов состоит в существенном дополнении базы данных по накоплению тяжелых металлов в птицах России. Результаты исследования могут найти применение при чтении университетских



курсов по экологической токсикологии, биологической индикации, экологии, биоразнообразию и прикладной орнитологии.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Видовое разнообразие птиц г. Ростова-на-Дону имеет сезонные, межгодовые и биотопические различия. Для разных биотопов характерен свой видовой комплекс и доминирующие виды.
2. Наземные птицы Ростовской области имеют видовые, возрастные, тканевые и индивидуальные особенности в накоплении тяжелых металлов, которые достоверно проявляются даже при общих низких уровнях накопления металлов.
3. Химический состав городских птиц отражает своеобразие города как особую геохимическую провинцию.
4. Птицы играют существенную роль в миграции элементов и переносе их на значительные расстояния.

Основные положения диссертации и результаты исследований были доложены на конференциях разного ранга: «Устойчивое развитие: загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность» (Днепропетровск, 1995), «Экология и регион» (Ростов-на-Дону, 1995, 1996, 1997), «Вопросы экологии и охраны природы Ставропольского края и сопредельных территорий» (Ставрополь, 1995), «Ломоносов-96» (Москва, 1996), «Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий» (Краснодар, 1997), «Актуальные проблемы экологии в сельскохозяйственном производстве» (Персияновка, 1998), III конференции по хищным птицам Восточной Европы и Северной Азии (Кисловодск, 1998), «Биосфера и человек» (Майкоп, 1999), "Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии" (Казань, 2001), конференциях молодых ученых ММБИ КНЦ РАН (Мурманск, 2001, 2002), на XI Международном симпозиуме по биоиндикаторам (Сыктывкар, 2001), международном научном семинаре по проблемам физиологии и экологии морских животных (Ростов-на-Дону, 2002), семинаре Азовского филиала ММБИ КНЦ РАН (2003), «Животные в антропогенном ландшафте» (Астрахань, 2003) и др.

Исследования, положенные в основу диссертации, поддержаны грантами Международной Соросовской Программы образования в области точных наук S96-407, S98-5, S99-507, а также выполнялись по проектам РФФИ №№ 99-05-65164, 01-05-06041 «Геохимическая экология птиц России» и ФЦП «Интеграция» № E0046, № Э0281.

Выражаю благодарность научному руководителю, д.б.н., проф. кафедры экологии и природопользования РГУ, зам. зав. отдела ММБИ КНЦ РАН Н.В. Лебедевой за помощь и поддержку в течение всего периода исследовательской работы, признательность сотрудникам кафедры экологии и природопользования РГУ за поддержку в период подготовки данной работы, директору ММБИ КНЦ РАН Г.Г. Матишовой и сотрудникам института. Хочу выразить благодарность своей жене Н.А. Савицкой за терпение и поддержку на всех этапах работы. Большую помощь в сборе материала диссертации оказали

А.В. Забашта, Л.В. Маркитан, В.В. Стахеев и В.В. Хохлов, за что я им очень благодарен.

По теме диссертации опубликованы 22 работы, в том числе 5 статей.

Диссертация состоит из введения, семи глав, выводов и списка литературы, содержит 26 таблиц, 60 рисунков и 2 приложения. Список литературы включает 264 источника, в том числе – 38 на иностранных языках. Общий объем работы – 159 страниц, основной текст изложен на 145 страницах.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе дан анализ современного состояния изучения орнитофауны в городах, в том числе история орнитологических исследований в г. Ростове-на-Дону. Рассматривается значение синантропных популяций птиц. Обсуждаются источники поступления, свойства и влияние тяжелых металлов (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb и Al) на популяции птиц.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ, ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе дана физико-географическая, геохимическая характеристика мест исследований.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материал был собран в г. Ростове-на-Дону, г. Волгодонске, г. Шахты, Азовском и Орловском районах Ростовской области в 1995–2002 гг.

Для анализа содержания тяжелых металлов использовали ткани и органы (n=326) 48 видов птиц. В полученных образцах определяли количество Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd и Pb. Всего проведено 2300 элементоопределений металлов. Анализы содержания тяжелых металлов выполнены в лаборатории аналитической экотоксикологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН и в лаборатории кафедры геохимии ландшафтов МГУ им. М.В. Ломоносова на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Мультиэлементный анализ выполнен для 23 особей 8 видов методом ионно-плазменной спектрометрии на оборудовании Plasma Quad "VG Instrument" в институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН. Для каждой особи было определено 49–72 химических элементов. Всего проведено 1487 элементоопределений. В общей сложности выполнено 3787 разных видов элементоопределений.

Статистический анализ данных выполнен с помощью пакетов программ Statistica и Statgraphics. Содержание тяжелых металлов показано в виде лепестковых (звездчатых) диаграмм, где по осям отложены логарифмы концентрации тяжелых металлов.

ГЛАВА 4. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГОРОДСКИХ ПТИЦ

Видовой состав птиц г. Ростова-на-Дону. За период исследований в г. Ростове-на-Дону отмечено 184 вида птиц из 15 отрядов. В различных зонах города структура и разнообразие орнитофауны отличается. На гнездовании

отмечено 121 вид. Предполагается гнездование еще у 17 видов. На пролете встречается 79 видов. 9 видов отмечены только в зимний период. Зарегистрировано 17 видов из Красной книги Ростовской области: колпидца, каравайка, краснозобая казарка, пеганка, скопа, осоед, могильник, орлан-белохвост, коростель, ходулочник, шилокловка, кулик-сорока, большой веретенник, луговая тиркушка, черноголовый хохотун, чеграва и розовый скворец.

Динамика разнообразия и численности птиц. Для анализа сезонной динамики авифауны год был разбит на несколько временных отрезков, которые отличаются как степенью доминирования, так и разнообразием видов.

Анализ динамики разнообразия птиц в разных районах города выявил общие закономерности изменения видового состава, численности и характера доминирования видов. Так, в зимний период отмечено невысокое число видов при высокой численности птиц. Это связано с тем, что в этот период в городе и на его окраинах концентрируются многочисленные стаи грачей (1500 ос/км^2), галок, вьюрковых птиц, полевых (200 ос/км^2) и домашних (280 ос/км^2) воробьев. На рыбообразных прудах отмечены многочисленные стаи озерной чайки и хохотуны. Весенний и осенний периоды схожи как по видовому обилию, так и по численности особей, но различен характер этих признаков. В весенний период происходит массовый пролет птиц. С его начала и до летнего периода увеличивается количество видов за счет мигрантов и постепенно уменьшается их численность, в результате отлета зимующих птиц. Пролет на окраинах города, рыбообразных прудах наиболее заметен. На улицах и в парках города можно встретить, в основном, мелких воробьиных птиц: малую и серую мухоловку, пеночку-весничку, пеночку-теньковку и др. В летний период во всех районах города наблюдается максимальное видовое обилие при невысокой численности особей. Это связано с размножением большинства видов, отмеченных в этот период, а так как для этого гнездящимся птицам необходимы индивидуальные гнездовые территории, то численность птиц отдельного вида оказывается ниже, чем в предыдущий период. В осенний период видовое обилие ниже, чем в весенний период, но численность птиц выше. Постепенно снижается общее количество и численность видов, в результате начала пролета первых мигрантов.

При этом в каждом районе исследований есть свои особенности. В основном они связаны с изменением характера доминирования видов. Так, на северной окраине города, левом берегу Дона отмечена высокая степень доминирования видов в весенний и осенний периоды. На рыбообразных прудах высокое доминирование отмечено только в зимний период. В Ботаническом саду, улицах и парках города доминирование видов по сезонам не столь ярко выражено, хотя несколько выше в зимний период.

При определении факторов, влияющих на изменчивость индексов видового обилия и разнообразия в разных зонах города во все периоды года установлено, что район и период наблюдений оказывает влияние на изменчивость индекса видового разнообразия и доминирования Симпсона, индекса видового разнообразия Шеннона и выравниваемости сообщества. Период

наблюдений также достоверно влияет на показания индекса доминирования Бергера-Паркера. Для всех выделенных городских зон характерно наличие семи видов, которые во всех местообитаниях играют доминирующую роль. Это такие виды, как сизый голубь, сорока, грач, серая ворона, большая синица, полевой и домовый воробьи. В разные сезоны года доля этих видов в сообществе птиц изменяется, характер и диапазон этих колебаний различен.

ГЛАВА 5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ПТИЦАХ

Особенности накопления металлов в органах и тканях городских птиц. В изучении содержания поллютантов в теле птиц большое значение представляет анализируемая ткань (кость, почка, печень, мышцы, перья, яйца, экскременты). Обнаружено, что содержание Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb и Cd достоверно зависит от органа или ткани. Содержание всех металлов значительно варьировало в различных органах. Наибольшие концентрации Cr, Fe, Co, Zn отмечены в костях птиц, никеля в скорлупе и эмбрионах яиц, Cu в почках и печени, Pb в костях, скорлупе и почках птиц, Cd в почках птиц. Сравнение распределений концентраций металлов в органах и тканях птиц показало, что в костях более всего накапливаются такие металлы, как Cr, Fe, Co, Zn и Pb. В почках больше всего накапливается Cu, Pb и Cd. В печени отмечено высокое содержание Cd. В яйцах обнаружено максимальное содержание Ni, Cu, Zn и Pb, причем в скорлупе Pb обнаруживается больше, нежели в эмбрионах. А содержание Zn и Cu в эмбрионах превышает их концентрации в скорлупе яиц. Эти данные подтверждают выводы об органах-мишенях живых организмов для экотоксикантов окружающей среды.

Анализ распределения тяжелых металлов в яйцах, органах и тканях птиц, обитающих в городской среде, позволяет прийти к выводу, что город является неоднородной, гетерогенной средой, при этом наблюдаются значимые различия между особями одного и того же вида в разных районах города, а особи разных видов, живущие в одних и тех же районах города и входящие в одну экологическую группу, характеризуются сходными процессами накопления поллютантов.

Металлы в костях птиц урбанизированных территорий.

Алюминий. Содержание Al в костях птиц варьировало от 1,2 до 44,3 мкг/г сух. в., составляя в среднем $12,0 \pm 11,17$ (стандартное отклонение) мкг/г ($n=43$). Высокие концентрации (от 30 до 45 мкг/г) обнаружены у 7% птиц. Бимодальное распределение свидетельствует о повышенном воздействии Al на популяции городских птиц.

Хром. Содержание Cr в костях птиц варьировало от 0,2 до 26,0 мкг/г сух. в., составляя в среднем $4,86 \pm 5,44$ мкг/г ($n=73$). Высокие концентрации (от 5 до 30 мкг/г) обнаружены у 32,9% всех птиц, что говорит о значительном влиянии Cr на птиц, населяющих город.

Марганец. Содержание Mn в костях птиц варьировало от 0,31 до 0,6 мкг/г сух. в., среднее составило $7,4 \pm 7,15$ мкг/г ($n=44$). Высокие концентрации (свыше

5 мкг/г) обнаружены у 38,6% птиц, что свидетельствует о повышенном воздействии Mn на птиц.

Железо. Содержание Fe в костях птиц варьировало от 21,7 до 199,7 мкг/г сух. в., а среднее составило $34,26 \pm 7,06$ мкг/г ($n=27$). При этом 99% особей имели низкие концентрации Fe в костях (до 50 мкг/г). Это свидетельствует о незначительном загрязнении металлом окружающей среды и птиц.

Кобальт. Содержание Co в костях птиц варьировало от 0,02 до 1,4 мкг/г сух. в., составляя в среднем $0,17 \pm 0,27$ мкг/г ($n=31$). Высокие концентрации (свыше 0,1 мкг/г) обнаружены у 29% птиц. Такое распределение Co в костях городских птиц свидетельствует о загрязнении экосистем этим металлом.

Никель. Содержание Ni в костях птиц варьировало от 0,1 до 13,2 мкг/г сух. в., составляя в среднем $1,91 \pm 1,97$ мкг/г ($n=73$). При этом 97,3% особей имели низкие концентрации Ni в костях от 0,1 до 5 мкг/г. Высокие концентрации (свыше 10 мкг/г) обнаружены у 2,7% птиц.

Медь. Содержание Cu в костях птиц варьировало от 0,12 до 39,4 мкг/г сух. в., составляя в среднем $3,99 \pm 5,56$ мкг/г ($n=73$). При этом 76,7% особей имели низкие концентрации Cu в костях от 0,12 до 5,0 мкг/г. Высокие концентрации (свыше 5 мкг/г) обнаружены у 23,3% птиц.

Цинк. Содержание Zn в костях птиц варьировало от 6,3 до 690 мкг/г сух. в., составляя в среднем $98,08 \pm 153,22$ мкг/г ($n=56$). Высокие концентрации (от 200 до 700 мкг/г) обнаружены у 12,5% птиц. Бимодальный характер распределения свидетельствует о загрязнении Zn городских птиц и их местообитаний.

Свинец. Содержание Pb в костях птиц варьировало от 0,1 до 58,4 мкг/г сух. в., составляя в среднем $7,84 \pm 11,1$ мкг/г ($n=74$). Высокие концентрации (свыше 5 мкг/г) обнаружены у 47,3% всех птиц. Уровни содержания Pb в костях взрослых птиц, превышающие 5 мкг/г, свидетельствуют о токсическом воздействии свинца на птиц. Наши данные показывают, что городские птицы подвергаются мощному прессу свинцового загрязнения в городских условиях.

Кадмий. Содержание Cd в костях птиц варьировало от 0,016 до 1,4 мкг/г сух. в., а среднее составило $0,17 \pm 0,28$ мкг/г ($n=30$). Высокие концентрации (выше 0,2 мкг/г) обнаружены у 23,4% всех птиц.

Мы исследовали влияние доминирующего типа питания на содержание тяжелых металлов. С этой целью были выделены группы городских птиц:

1. Насекомоядные – с явным преобладанием в питании беспозвоночных животных (пеночка-теньковка, черный стриж, береговая ласточка).
2. Зерноядные – с преобладанием в питании семян, плодов растений (сизый голубь, кольчатая горлица, чиж, дубонос, полевой воробей).
3. Всеядные – нет явного преобладания в питании, корм смешанного происхождения (грач, сорока, серая ворона, сойка).
4. Хищные – питающиеся живыми позвоночными (ушастая сова).

Необходимо отметить, что такое деление птиц на группы было довольно условным, так как в разные сезоны года и периоды жизни спектр питания одних и тех же видов птиц меняется.

Нам удалось выяснить, что содержание Cr, Co, Ni, Zn и Cd зависело от типа питания. Анализ распределений тяжелых металлов показал, что насекомоядные птицы содержат самые высокие концентрации Ni, а зерноядные виды в большей степени накапливают Co, Zn и Cd, нежели другие группы птиц. Содержание хрома не существенно отличается у разных трофических групп, однако меньше всего хрома содержалось в костях хищных птиц. Полученные результаты могут указывать на пути поступления поллютантов в организм птиц и о степени загрязнения объектов питания.

Обнаружено, что от места обитания птиц зависело накопление Ni в организме. Причем наибольшие концентрации этого металла отмечены у птиц, обитающих в западном жилом массиве и северной окраине города, а наименьшее содержание никеля отмечено в костях птиц в парковых зонах: Ботанический сад, зоопарк и левобережья Дона.

Наиболее примечательные особи городских птиц, имеющие максимальные значения металлов в костях, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Максимальные концентрации тяжелых металлов, обнаруженные в костях городских птиц, в мкг/г сух. в.

Металл	Концентрация металлов	Вид	Место нахождения
Al	44,3	Сизый голубь	Центр города
Cr	26,0	Береговая ласточка	Левобережье Дона
Mn	30,6	Полевой воробей	Северная окраина
Fe	199,7	Грач	Центр города
Co	1,4	Домовый воробей	Центр города
Ni	13,2	Городская ласточка	Центр города
Cu	39,4	Домовый воробей	Центр города
Zn	690,0	Домовый воробей	Центр западного района
Cd	1,4	Домовый воробей	Центр города
Pb	58,4	Грач	Центр города

Анализ результатов показывает, что наибольшие значения концентраций металлов обнаружены в птицах, обитающих на главных транспортных улицах города. Важно отметить, что максимальных концентраций металлов достигали, в основном, особи зерноядных видов. Максимальное содержание хрома и никеля отмечено в костях насекомоядных птиц. Интерес, представляет самец домового воробья из центра города, в костях которого отмечены высокие концентрации сразу трех элементов (Co, Cu, Cd). Можно предположить, что интоксикация явилась причиной смерти птицы.

Нам удалось показать взаимосвязь между накоплением различных металлов в городских птицах. Между концентрациями некоторых металлов обнаружена достоверная взаимосвязь. Умеренная или слабая корреляция обнаружена у следующих пар металлов: Cu–Ni ($r=0,45$); Cu–Pb ($r=0,38$); Cu–Al ($r=0,45$); Cu–Zn ($r=0,45$); Mn–Fe ($r=0,48$); Mn–Cr ($r=0,36$); Mn–Ni ($r=0,28$); Mn–Pb ($r=0,28$); Ni–Al ($r=0,31$); Pb–Cr ($r=0,28$); Al–Zn ($r=0,26$); Cr–Fe ($r=0,52$).

Выявлены различия в накоплении Zn, Cd и Co разными видами. Причем наибольшие концентрации этих металлов обнаружены у домовых и полевых воробьев, обитающих в городе. Следующим в ряду, в порядке убывания, следует грач, который также имеет достаточно высокий уровень содержания данных металлов, по сравнению с другими видами (Рис. 1). На основании многомерного факторного анализа выявлены два фактора, которые объясняют 81,5% дисперсии матрицы данных накопления металлов в птицах. Наибольший вклад в изменчивость вносят Cd, Co, Cu, Zn и Al. Это свидетельствует о том, что эти металлы наиболее сильно варьируют в городской среде, что определяет своеобразие городских птиц.

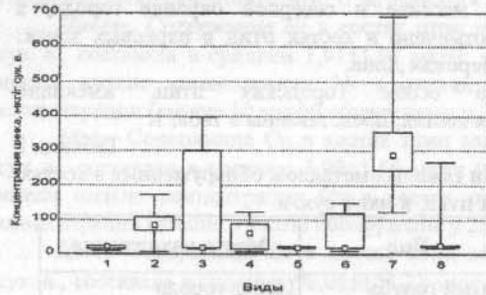


Рис. 1. Содержание цинка в костях разных видов птиц, где, 1 – береговая ласточка, 2 – грач, 3 – полевой воробей, 4 – серая ворона, 5 – сизый голубь, 6 – сорока, 7 – домовый воробей, 8 – большая синица.

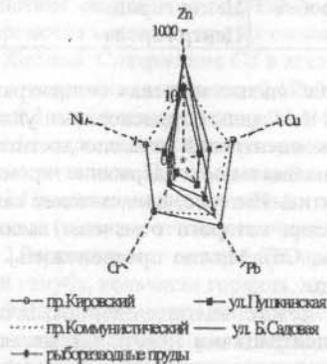


Рис. 2. Диаграмма накопления тяжелых металлов в костях сизого голубя из разных мест обитания

Отсутствие в роли ведущих факторов таких основных загрязнителей окружающей среды города, как Pb и Cr, указывает на то, что содержание этих металлов слабо варьирует у городских птиц. Рассматривая птиц одного вида из разных мест обитания, можно выявить особенности содержания некоторых металлов в костях.

Так, кости сизых голубей, обитающих на разных улицах города, содержат различные концентрации тяжелых металлов (Рис. 2). Анализ результатов показывает, что у сизых голубей с таких оживленных транспортных артерий города, как пр. Кировский, пр. Коммунистический и ул. Большая Садовая, наблюдаются самые высокие значения Cr, Ni, Cu и Pb в костях, а на зеленой улице (ул. Пушкинская) для этих металлов зарегистрированы минимальные значения. Птицы, обитающие на рыбопроизводных прудах, занимают промежуточное положение.

Сравнивая сизых голубей из разных городов, можно отметить повышенный уровень содержания тяжелых металлов в костях ростовских птиц, только содержание Zn выше в костях птиц из г. Волгодонска.

Популяции врановых и металлы в заповеднике «Ростовский». Для сравнения накопления металлов в городских птицах мы выбрали территорию заповедника «Ростовский», которая априори должна быть эталонной. Однако, заповедник здесь создан недавно (в 1995 г.) и до этого момента его территория была вовлечена в сельскохозяйственное производство. Как показали исследования многих авторов, при современном глобальном загрязнении биосферы трудно найти эталонные биотопы. Мы можем использовать отдельные территории только в сравнительном аспекте.

Для изучения накопления тяжелых металлов в птицах в заповеднике были выбраны грач и серая ворона, поскольку эти виды были модельными и в городе. Эти виды широко представлены на территории Островного участка заповедника. С целью выяснения степени концентрации тяжелых металлов, их влияния на репродуктивные показатели врановых и определения роли врановых в переносе тяжелых металлов по трофической цепи были изучены некоторые аспекты популяционной экологии грача и серой вороны.

Некоторые аспекты популяционной экологии грача и серой вороны

Грач. Исследования размножения грача проведены в апреле–мае 1997, 1999, 2000 и 2001 гг. В 2000 г. в колонии было 231 гнездо, а в 2001 – 188, расположенных на 88 и 73 деревьях соответственно. Количество гнезд, построенных на одном дереве в 2000–2001 гг. варьировало от одного до восьми, составляя в среднем 2,6 гнезда на дерево. Средняя высота расположения гнезд равнялась 3,4 м (n=22). Расположение гнезд было различным: приствольно (15,5% в 2000 г. и 16,0% в 2001 г.), в развилке (60,8% и 69,1% соответственно) и на концах ветвей (23,7% и 14,9% соответственно). Расстояние между деревьями с гнездами варьировало от 1 до 51 м, при среднем 7,8 м. Между гнездами грачей разных лет в колонии гнездились полевые воробьи. А в 2000 г. между прошлогодним гнездом и гнездом текущего года загнилась сорока. На краю колонии в старом гнезде найдена кладка краквы. В старых гнездах грача в 2001 г. поселились две пары обыкновенной пустельги и пара кобчиков.

Изучены 63 полные кладки грача. Измерены размеры и вес 288 яиц. Прослежена судьба 132 птенцов, из них в 2000 г. – 72, в 2001 г. – 60 птенцов. Средний размер кладок составлял 3,8 яйца. Окраска яиц – от светло-голубого до грязно-зеленого с коричневыми или черными штрихами, пятнами, расположенными по всей поверхности яйца, чаще сосредоточенные на тупом конце. Форма яиц – преимущественно овальная, но встречаются также яйца грушевидной и округлой формы. В 2001 г. в одном гнезде, после гибели птенцов, самка отложила яйцо размером 22,9×16,8 мм, массой 2,1 г стандартной формы и окраски.

Длина и объем яиц достоверно отличались в кладках с разным количеством яиц. Так, самые крупные яйца за весь период исследований были обнаружены в кладках, состоящих из двух яиц, а самые мелкие яйца отмечены в кладках из 4–х яиц. В кладках из трех и пяти яиц, их длина и объем

принимали средние значения и не отличались между собой. Анализируя размеры яиц в колонии грача, мы установили, что их длина и объем зависят от порядка откладки. При этом первое и второе яйца в кладках были крупнее остальных, третье яйцо самое мелкое, а затем в порядке возрастания следовали четвертое и пятое яйцо, которые приближались по размерам ко второму. Это может быть объяснено максимальными затратами самок на откладку первых яиц, реализацией своего репродуктивного потенциала на начальном этапе откладки, в результате которого, первые снесенные яйца оказываются более качественными, так как имеют больший запас белка. В результате первые птенцы после вылупления имеют больше шансов на выживание, чем последующие. Таким образом, в колонии грачей на территории заповедника наиболее оптимальными являются кладки из двух и пяти яиц. При этом яйца в этих кладках отличаются большей длиной и объемом, что определяет их биологическую полноценность. Следовательно, при небольшом репродуктивном запасе более выгодным оказывается кладка из двух яиц, а реализацию кладки из пяти яиц могут позволить себе самки, обладающие большей продуктивностью и находящиеся в оптимальных для размножения условиях. Кладки из трех и четырех яиц можно рассматривать как переходные стадии к полноценной реализации своих репродуктивных возможностей. Для анализа продуктивности локальной гнездовой популяции грача в 2000–2001 гг. были определены такие характеристики, как успешность инкубации и выкармливания, а также средняя смертность птенцов.

Анализируя полученные данные, мы пришли к следующим заключениям. В 2000 г. среднее число вылетевших птенцов на гнездо составило 1,4. При этом общая гибель птенцов составила 50%, а отход яиц – 15,3%. В 2001 г. среднее число вылетевших птенцов на гнездо составило 2,2. При этом общая гибель птенцов была 34,7%, а отход яиц – 9,7%. Успешность инкубации в колонии составила 91,1%, а успешность гнездования – 59,5%. Наиболее успешными были кладки из четырех и пяти яиц. Птицы с кладками из двух-трех яиц являются самыми уязвимыми, поскольку при загрязнении территории снижаются все репродуктивные показатели. В целом, для популяции грача в заповеднике наиболее выгодными оказываются кладки из четырех и пяти яиц, так как выход птенцов в них является наибольшим, несмотря на другие, более низкие репродуктивные показатели. Следовательно, за счет таких размножающихся пар идет рост популяции. Поэтому, чаще всего (66%) встречались кладки с максимальным количеством яиц.

Серая ворона. Популяционные исследования серой вороны проведены в апреле–мае 2000 и 2001 гг. Гнезда этого вида в заповеднике обычно располагались на одиночных деревьях псевдоакации *Robinia pseudoacacia*, уцелевших после гибели лесополос. В полных кладках встречалось от 4 до 6 яиц. Средний размер кладок составил пять яиц ($n=9$). Длина яиц ($n=40$) варьировала от 38,5 до 47,4 мм, а ширина – от 27,2 до 30,6 мм. При этом средние размеры яйца были 41,3×29,0 мм. Анализируя полученные результаты, мы установили, что кладки из четырех яиц оказываются наиболее эффективными. В этом случае при минимальных затратах самок на откладку

яиц, выход птенцов оказывается наибольшим. Кладки же с большим количеством яиц не дают столь высоких показателей. В результате успешность гнездования птиц с разным числом яиц в кладках обеспечивает прирост популяции в 2,5 птенца на одно гнездо.

Изучение морфометрических характеристик яиц серой вороны в разных регионах (Таманский полуостров Краснодарского края, г. Ростов–на–Дону, заповедник «Ростовский») выявил ряд особенностей. Длина и диаметр яиц варьировали в зависимости от местообитания вида. Так, наиболее крупные яйца откладывали птицы, обитающие на Таманском полуострове, а наименьшие значения отмечены для птиц, обитающих в г. Ростове–на–Дону, что может быть связано с большей степенью загрязнения городских биотопов. Известно, что в результате загрязнения отмечаются такие процессы, как снижение размеров яиц и числа яиц в кладках.

Тяжелые металлы в птицах заповедника «Ростовский». Для выявления особенностей накопления тяжелых металлов в заповеднике были исследованы яйца (скорлупа и эмбрион), кости и органы птенцов и взрослых особей грача и серой вороны, а также кости других видов. Сравнение содержания тяжелых металлов в костях птиц заповедника ($n=10$) выявило достоверные отличия в накоплении никеля. Больше всего его обнаружено в костях домового воробья и розового скворца (1,0 и 1,2 мкг/г соответственно). В костях грача и серой вороны содержание никеля было невысоким и составило 0,1–0,2 мкг/г сухого веса.

Содержание тяжелых металлов достоверно не изменялось, однако варьировало в зависимости от вида анализируемой пробы. Так, наибольшие концентрации металлов были отмечены в экскрементах птенцов грача, а наименьшие в костях и печени птенцов. Концентрации Cu и Ni не отличались у птенцов разных возрастных групп. Анализ пищевых проб птенцов и погадок взрослых грачей показал, что птенцы получают вместе с пищей значительную долю всех тяжелых металлов, а взрослые птицы избавляются от многих тяжелых металлов, удаляя их с погадками. Остальная их часть аккумулируется в органах и тканях. Содержание металлов в экскрементах взрослых грачей было несколько меньше, чем в экскрементах птенцов. Это может указывать на то, что птенцы, находясь в гнезде и обладая более высоким метаболизмом, нежели взрослые птицы, активно выводят тяжелые металлы из своего организма в первый месяц своей жизни. Причем птенцы разных возрастных групп также отличались. В экскрементах 5–7 дневных птенцов содержание Pb, Cd, Co и Cr было выше, а содержание Zn – ниже, чем в экскрементах 14–16 дневных птенцов. В костях взрослых птиц содержание Pb было намного выше (7,1 мкг/г сухого веса), чем в костях птенцов (0,1 мкг/г сухого веса), тогда как концентрации Cr, Zn и Co не отличались в костях обеих возрастных групп грача. Оказалось, что содержание Cu и Cd в костях птенцов грача превышало их накопление в костях взрослых особей.

Обнаружены значимые различия в содержании Cu, Co, Cr в скорлупе и эмбрионах врановых, при этом Cu в большей степени накапливалась в эмбрионах, а кобальт и хром в скорлупе яиц. Содержание других тяжелых

металлов (Mn, Ni, Zn, Cd и Pb) в скорлупе (n=8) и эмбрионах (n=7) достоверно не отличалось у врановых (сорока, серая ворона и грач) в скорлупе и в эмбрионах. Однако, содержание Ni, Cu и Zn было несколько выше в эмбрионах всех видов врановых, а содержание Mn, Pb, Cr, Co и Cd выше в скорлупе яиц. Установлено, что содержание тяжелых металлов в тушках недельных птенцов не отличается от их концентраций в эмбрионах. Однако с возрастом птенцы накапливали в своем теле все металлы, что находит свое отражение в содержании тяжелых металлов в тушках птенцов более старшего возраста. Нами установлено, что в заповеднике яйца птиц двух видов врановых не отличались по накоплению тяжелых металлов. Это свидетельствует о том, что видовая специфика в содержании поллютантов в яйцах в заповеднике отсутствует.

Изучение содержания тяжелых металлов в пищевых пробах и экскрементах птенцов показало, что Zn, Cu, Cr и Cd, поступающие вместе с пищей в организм, практически полностью выводятся с экскрементами. Интерес вызывают повышенные концентрации Co, Ni, Mn и Pb в экскрементах, по сравнению с пищевыми пробами. Мы можем дать следующие объяснения этому факту. Во-первых, различия могут быть вызваны разной скоростью выводимости металлов из организма. Во-вторых, видимо, не все группы пищевого спектра птенцов грача исследованы на содержание тяжелых металлов.

Сравнивая спектры питания грача и серой вороны мы обнаружили некоторые отличия. Так, доля беспозвоночных в пищевом спектре серой вороны составила 41,1% по весу и 92,0% по встречаемости, у грача – 89,0% и 98,6% соответственно. Позвоночные в рационе серой вороны составляли 58,9% по весу и 5,7% по встречаемости, у грача – 11,0% и 1,4% соответственно. Хотя пищевые спектры серой вороны и грача перекрываются, но обнаруженные различия позволяют рассмотреть пути поступления тяжелых металлов в организм птиц обоих видов. Поскольку позвоночные составляют большую часть питания серой вороны, чем у грача, то можно ожидать более высокие содержания тяжелых металлов в органах и тканях серой вороны, нежели у грача. Для грача основным источником поступления тяжелых металлов с пищей являются жесткокрылые, которые содержат более высокие концентрации поллютантов, нежели другие группы насекомых (Покаржевский, 1985; Гонгальский, Кривоулицкий, 2003). В заповеднике не удалось выявить различия в накоплении тяжелых металлов между грачом и серой вороной, поскольку общее загрязнение этой территории незначительно.

Накопление металлов врановыми птицами Ростовской области. Использование для биомониторинга тяжелых металлов популяций синантропных птиц (сем. врановых) имеет ряд преимуществ: широкое распространение и многочисленность в антропогенных ландшафтах; оседлый образ жизни и доступность исследования в различные сезоны года; высокая степень аккумуляции тяжелых металлов в организме птиц, так как врановые обладают высоким базальным метаболизмом и потреблением большого количества пищи на единицу массы тела. Мы выявили достоверные отличия в

накоплении разными видами врановых Co и Cr в костях. При этом большее содержание Co и Cr отмечено в костях сороки, а наименьшие концентрации этих металлов обнаружены у серой вороны. Грач занимает промежуточное положение по аккумуляции двух элементов среди этих видов. Различия в накоплении этих металлов могут быть вызваны тем, что спектры питания разных видов отличаются, несмотря на всеядность врановых.

Серая ворона. Для особей этого вида во всех местообитаниях выявлены достоверные отличия в содержании Pb, Cd, Co и Mn в костях птенцов и взрослых особей. Содержание Pb в костях взрослых особей было выше, чем в той же ткани у птенцов, и составляло 4,35 мкг/г и 1,61 мкг/г соответственно. Содержание Cd, Co и Mn было выше в костях птенцов и составило 0,055 мкг/г, 0,055 мкг/г и 10,25 мкг/г соответственно. В костях взрослых особей содержание этих металлов составляло 0,03 мкг/г, 0,023 мкг/г и 2,83 мкг/г соответственно. У городских ворон отмечены достоверные различия в содержании Pb у птенцов и взрослых птиц. В костях взрослых особей содержание Pb было выше, чем в костях птенцов. Для серой вороны установлены некоторые закономерности содержания металлов в различных органах и тканях птиц. Выявлено, что содержание Zn (n=48), Cu (n=48), Pb (n=49) и Co (n=35) достоверно отличалось в костях, мышцах, печени, почках, скорлупе яиц и эмбрионах. Птицы г. Ростова-на-Дону содержат меньшие концентрации поллютантов, по сравнению с известными данными для крупных городов, таких как Москва (Родзин и др., 2001). В то же время, наблюдаются сходные процессы в накоплении тяжелых металлов в органах и тканях птиц. Птенцы содержат меньшие концентрации экотоксикантов по сравнению с взрослыми особями.

Сорока. У сороки установлена достоверная зависимость между содержанием Cu и Fe в различных образцах. Более всего Cu накапливается в тушках птенцов (12,9 мкг/г). Меньше всего Cu обнаружено в костях птиц (3,51 мкг/г). В эмбрионах содержание Cu (11,2 мкг/г) и Fe (21,57 мкг/г) было выше, чем в скорлупе яиц (6,7 и 11,38 мкг/г соответственно). Для других металлов значимые различия не были получены.

Грач. У грача обнаружены достоверные отличия содержания в костях Cu, Ni и Cr в разных местообитаниях. В зависимости от возраста значимо варьировало только содержание Ni. При этом в костях птенцов содержалось больше Ni, чем в костях взрослых особей. Только этот металл достоверно варьировал в зависимости от образца. Максимальное его содержание отмечено в пищевой пробе (3,7 мкг/г) и экскрементах (3,36 мкг/г) грача, а минимальное в содержимом яиц (0,05 мкг/г). Для грачей, обитающих в разных районах города, не выявлены различия в содержании тяжелых металлов. Это свидетельствует о несущественных отличиях условий среды в городе, где обитают грачи.

При сравнении различных популяций грача Ростовской области обнаружено, что наиболее загрязненные птицы встречаются в г. Ростове-на-Дону. Обнаружены достоверные отличия в содержании Cr, Ni и Cu в костях взрослых особей из разных мест обитания. По другим металлам эти особи превышают концентрации, обнаруживаемые в костях птиц из других местообитаний. Только в птицах из г. Волгодонска содержание Zn в костях

взрослых птиц было повышено. Анализ результатов содержания тяжелых металлов в костях молодых птиц из этих же местообитаний не выявил значимых различий, однако птицы отличались по накоплению Cd и Pb. Причем, максимальное содержание Cd отмечено в костях птиц из заповедника, здесь же обнаружены особи с минимальным содержанием Pb. В костях молодых птиц из г. Ростова-на-Дону и г. Волгодонска содержание Pb было самым высоким. Анализируя полученные результаты, мы пришли к заключению, что по содержанию Pb грачи из разных городов области практически не отличаются. Это может свидетельствовать о схожих уровнях загрязнения Pb экосистем городов, что обусловлено влиянием автотранспорта, играющего определяющую роль в загрязнении среды этим поллютантом. Повышенные концентрации Cu, Cr и Ni, обнаруженные в костях птиц из г. Шахты, видимо, отражают более высокие уровни поступления тяжелых металлов от промышленных предприятий в экосистему города. В результате изучения накопления поллютантов в трофической цепи, которую замыкают врановые, а также сравнение популяций из разных городов Ростовской области выявлены некоторые закономерности. Так, молодые птицы содержат меньшие количества большинства токсикантов. Городские популяции врановых из более загрязненных мест обитания содержат высокие концентрации тяжелых металлов. Все изученные локальные популяции врановых птиц можно расположить в следующей последовательности в порядке уменьшения содержания токсикантов в теле: городские популяции > пригородные > популяция врановых птиц заповедника. При этом популяции птиц разных городов также отличны по содержанию тяжелых металлов, что связано с разной степенью развития промышленности и транспорта. Не обнаружены значимые различия в содержании токсикантов в зависимости от вида врановых в одних и тех же местообитаниях, что позволяет использовать все виды этой группы птиц для мониторинга.

ГЛАВА 6. МУЛЬТИЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПТИЦ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Изучение химического элементного состава показало, что птицы содержат практически все элементы периодической системы Д.И. Менделеева. В нашем исследовании птицы различались по содержанию основных элементов в своем теле. Причем зерноядные птицы достоверно отличаются от насекомоядных по содержанию основных химических элементов. Так, в теле домовых воробьев находится 94,01% Ca, P, K, S, Na и Mg от общей массы всех элементов. В теле полевых воробьев их содержание составляет 94,05%; у щегла это значение достигает 95,76%; а у вьюрка 94,62%. У большой синицы доля основных элементов составляет 93,69%, черного стрижа – 93,00%, береговой ласточки – 91,81%.

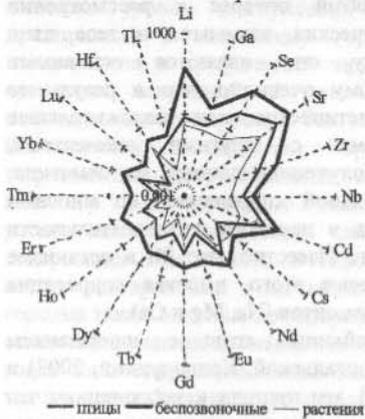
Анализируя взаимосвязи между содержанием лантаноидов с другими элементами, мы установили, что в теле птиц содержание лантаноидов взаимосвязано между собой с высокой достоверностью. Это свидетельствует о сопряженной встречаемости данных элементов в окружающей среде. Интерес вызывают связи этих редкоземельных элементов с другими элементами. Такие,

например, как связи Ce с Mn и Sr; Sm с Mo, K и Cu; Gd с Cu и Bi; Yb с Si. Возможно, эти лантаноиды принимают участие в обменных процессах организма наряду с выше упомянутыми микроэлементами, или же входят в состав тех органов и тканей, где встречаются данные химические элементы. Роль этих редкоземельных элементов в организме птиц предстоит выяснить. Возможно, они не играют важной роли в организме, а их следовые количества, обнаруживаемые в птицах, объясняются наличием в среде обитания этих лантаноидов.

Анализ взаимосвязей содержания элементов в теле птиц выявил ряд взаимоотношений. Между неметаллами и другими элементами установлены следующие достоверные взаимосвязи: отрицательная связь содержания элементов с P выявлена для V ($r=-0,79$) и J ($r=-0,76$). Показана обратная зависимость для S с Iг ($r=-0,87$). Особый интерес в рассмотрении корреляционных связей содержания химических элементов в теле птиц вызывают тяжелые металлы, поскольку они являются основными загрязнителями окружающей среды. Поэтому очевидно, что в результате анализа могут быть выявлены антагонистические или положительные отношения между тяжелыми металлами с другими элементами, встречающимися в теле птиц. Анализируя полученные данные, мы отметили, что Hg и Pb связаны высокой положительной корреляцией со многими микроэлементами, играющими важную роль в процессе жизнедеятельности организма, такими как Fe, Co, Ni, Cu и Zn. Известно, что Pb в организме конкурирует с Fe, Ca, Mn, Zn и Cu. Кроме этого, высокая корреляция содержания Hg отмечена для многих макроэлементов (Na, Mg и Ca).

Сравнивая элементный состав воробьиных птиц с содержанием рассеянных элементов в беспозвоночных (Гонгальский, Криволицкий, 2003) и растениях (Второва, Маркерт, 1995) (рис. 3), мы пришли к заключению, что птиц отличает более высокая степень концентрирования изученных элементов, чем в растениях и меньшая степень, чем в беспозвоночных. Однако имеется ряд исключений. Так, содержание платины и лантана выше в птицах, что может быть связано с геохимическими особенностями местности, где они обитают. Растения, по сравнению с птицами, содержат минимальные концентрации практически всех элементов, кроме цезия и гафния, содержание которых превышает таковое в птицах. Это мы также объясняем геохимическими особенностями ландшафтов. В результате исследования выяснилось, что почвенные беспозвоночные содержат самые высокие концентрации всех элементов, что видимо, связано с образом жизни этих животных, так как, питаясь в почве или на земле, они вовлекают в круговорот все элементы в значительных количествах. Поэтому, они лучше других организмов отражают фоновый уровень элементов в почве. Растения, поглощая питательные вещества из почвы, тем не менее, содержат меньшие концентрации элементов, ввиду менее активного метаболизма, по сравнению с животными. Птицы, несмотря на то, что находятся на более высоких трофических уровнях, как концентраторы элементов занимают промежуточное положение между почвенными беспозвоночными и растениями. Это связано с тем, что

анализируемые особи птиц относятся к зерноядным и насекомоядным видам, которые косвенно связаны с почвами. Таким образом, птицы, обладая высоким уровнем метаболизма, содержат значительные концентрации элементов, хотя и более низкие, чем почвенные беспозвоночные. Тем не менее, птицы могут отражать общий фоновый уровень территории, где они обитают. Более того, характер распределения содержания элементов в теле птиц схож с картиной распределения этих элементов, как в растениях, так и в почвенных беспозвоночных. Это позволяет использовать данные о содержании элементов в птицах в качестве геохимических ориентиров для понимания характера накопления тех же элементов в других компонентах биосферы. Изучение уровней содержания элементов в теле птиц имеет некоторые особенности, выделяющие эту группу организмов. Знание о концентрациях в теле птиц позволяет понять их роль в геохимическом круговороте элементов.



Так, на основании анализа мы пришли к следующим выводам. Содержание макроэлементов (Ca, Na, K, Mg и др.), многих микроэлементов (Fe, Zn, Cu и др.) широко варьирует. Высокая вариабельность концентраций тяжелых металлов и Al может говорить о разной степени загрязнения птиц этими поллютантами. Среди них большой дисперсией обладают Pb и Al. Содержание ультраэлементов в птицах колеблется в небольшом диапазоне, что свидетельствует о невысоких различиях содержания этих элементов в окружающей среде. Определение медианных концентраций элементов в окружающей среде. Определение медианных концентраций элементов в окружающей среде. Определение медианных концентраций элементов в окружающей среде.

Рис. 3. Содержание элементов в теле птиц позволило разбить все птицы, беспозвоночных и изученные химические элементы на три группы, которые хорошо отражают их биологическую роль (Рис. 4).

Так, в первую группу отнесены те элементы, содержание которых наиболее велико в птицах (10^2-10^3). В эту группу попадают все макроэлементы и некоторые микроэлементы (Fe). В другую группу ($1-10^3$) попали многие тяжелые металлы, которые являются приоритетными загрязнителями окружающей среды (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr и Pb). К этой же группе отнесены некоторые неметаллы (Se и Br). В последнюю группу попали все остальные элементы: некоторые тяжелые металлы (Co, Mo, Cd, Hg и др.), неметаллы (As, Sb, Te, I и др.) и лантаноиды с актиноидами. Использование данного подхода показало его информативную ценность в том, что он дает возможность простым визуальным способом определить степень концентрации

элемента в теле птиц, и, соответственно, оценить его роль в организме по количественному содержанию. Применение коэффициента концентрирования элемента (КК) позволяет оценить роль птиц в геохимическом аспекте. Коэффициент концентрирования (отношение содержания элемента в организме к его кларку в земной коре) позволяет разбить элементы на несколько групп, которые различаются по степени биофильности к птицам. В зависимости от степени КК, организмы классифицируются как концентраторы или рассеиватели определенных элементов.

Наибольшую биофильность (КК=1-100) проявляют макроэлементы (Ca, K, Na, P, S, Mg) и некоторые микроэлементы, играющие важную роль в обмене веществ (B, Si и Fe). К элементам-концентраторам (КК=0,01-1) относятся также Al, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Ti, Zn, Br и Pb. Все остальные элементы (КК<0,01) относятся к последней группе. В таком случае птицы являются рассеивателями этих элементов. Как показывает анализ этих данных, большинство элементов рассеивается птицами в окружающей среде, лишь для немногих элементов птицы выступают как концентраторы, в основном это те элементы, которые являются жизненно необходимыми для животных или являются загрязнителями окружающей среды.

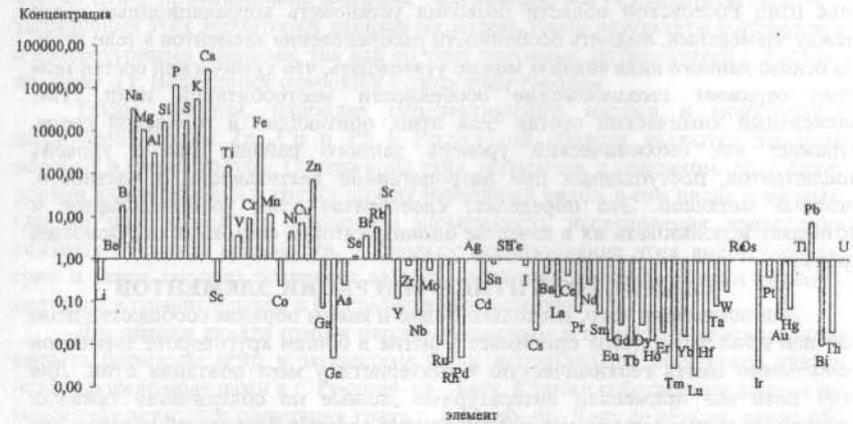


Рис. 4. Логарифм медианных концентраций химических элементов в теле мелких воробьиных птиц

Применение кластерного анализа позволило отнести всех особей большой синицы из г. Ростова-на-Дону в один кластер, близки к ним птицы из Ленинского лесхоза (Азовский район). Большие синицы из г. Волгодонска наиболее своеобразны по элементному химическому составу. Элементный состав домовых воробьев довольно изменчив в пределах г. Ростова-на-Дону. Поэтому все городские птицы попали в два кластера, причем в первый кластер попали как городские воробьи, так и особи этого вида из заповедника. Это можно объяснить тем, что городские воробьи, находящиеся в этом кластере,

представлены молодыми птицами, а взрослые особи, с более изменчивым химическим составом, попали в другой кластер. В результате изучения элементного состава полевых воробьев из разных мест обитания установлено, что особи, обитающие на одной территории, не отличаются по химическому элементному составу. Для изучения влияния местообитания на накопление элементов в теле птиц в самостоятельные единицы были выделены следующие пункты: г. Ростов–на–Дону, г. Волгодонск, п. Недвиговка (Мясниковский район), Ленинский лесхоз (Азовский район), заповедник «Ростовский» (Орловский район). В результате исследования мы обнаружили влияние мест обитания на содержание в теле птиц Mg, Ca, Fe, Co, Zn, Se, Rb, Nb, Gd и Pb.

Наибольшие концентрации Se, Pb и Gd отмечены у птиц, обитающих в г. Волгодонске, высокие концентрации Mg, Ca, Fe, Co, Zn, Nb, Rb зарегистрированы у птиц из г. Ростова–на–Дону и пос. Недвиговка, расположенного в 40 км от областного центра и окруженного железнодорожной и автомобильной трассами. Сравнительный анализ влияния видовой принадлежности на накопление различных элементов не выявил достоверных отличий между исследуемыми видами птиц. При разделении птиц на группы зерноядных и насекомоядных птиц также не выявлено значимых различий в содержании всех элементов. Мультиэлементный анализ химического состава тела птиц Ростовской области позволил установить корреляционные связи между элементами, выявить особенности распределения элементов в теле птиц. На основе данного вида анализа можно утверждать, что химический состав тела птиц отражает геохимические особенности местообитаний птиц. Так, элементный химический состав тела птиц, обитающих в городской среде, отражает как геохимический уровень данного района, так и уровень поллютантов, поступающих при антропогенной деятельности, в частности, тяжелых металлов. Это определяет своеобразие птиц урбандиафтов и позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды.

ГЛАВА 7. РОЛЬ ПТИЦ В МИГРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ

Для понимания того, насколько полно и каким образом сообщество птиц той или иной экосистемы принимает участие в общем круговороте элементов необходимо иметь геохимическую характеристику мест обитания птиц. Для этой цели мы применяли литературные данные по содержанию тяжелых металлов и других элементов в почвах разных районов Ростовской области, где проводили исследования. Геохимическую характеристику птиц проводили на пяти видах, являющихся доминантами во всех пунктах исследований: сизый голубь, сорока, грач, серая ворона и домовый воробей. Соотносили уровни содержания тяжелых металлов в птицах Ростовской области с фоновым содержанием этих элементов в почвах.

Птицы г. Ростова–на–Дону по убыванию уровня накопления тяжелых металлов располагаются в следующем порядке: Zn: домовый воробей > сизый голубь > серая ворона > грач > сорока; Cu: домовый воробей > сизый голубь > грач > сорока > серая ворона; Pb: сизый голубь > домовый воробей > грач > сорока > серая ворона. Среднее содержание Zn в костях городских птиц

превышает фоновый уровень только у двух видов: домового воробья и сизого голубя. У остальных видов концентрации Zn в костях не превышали фоновые для данных районов. Средние концентрации Cu и Pb не превышали фоновых показаний у всех видов.

В г. Волгодонске по степени содержания тяжелых металлов птиц можно расположить в порядке убывания в следующей последовательности: Zn: домовый воробей > сизый голубь > грач > серая ворона > сорока; Cu: домовый воробей > сорока > серая ворона > сизый голубь > грач; Pb: серая ворона > сорока > домовый воробей > грач > сизый голубь. При этом концентрации Zn превышают фоновое содержание в почвах у всех изученных видов, а концентрации других элементов находятся ниже фоновых уровней в исследованных районах.

В заповеднике «Ростовский» изучено содержание металлов у трех видов птиц. Для всех тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb) характерно следующее расположение видов в порядке убывания концентраций: домовый воробей > грач > серая ворона. Содержание Zn превышало фоновый уровень у домового воробья и грача. Поскольку элементный химический состав птиц отражает биогеохимические особенности ландшафтов, то высокие концентрации Zn в костях птиц, превышающие фоновые содержания, могут свидетельствовать о загрязнении этих территорий данным металлом. Наши результаты согласуются с литературными данными, так как по типу основных загрязнителей г. Ростов–на–Дону и г. Волгодонск относятся к цинковым городам.

Таким образом, наиболее перспективными видами в мониторинге загрязнения среды Zn, Cu и Pb в Ростовской области являются домовый воробей и сизый голубь. Содержание этих элементов, в основном, превышает уровни их накопления в костях других изученных видов, в том числе врановых. Однако наш вывод не исключает возможность исследования накопления тяжелых металлов врановыми, поскольку использование этих видов (сорока, грач и серая ворона) позволяет выявить особенности аккумуляции тяжелых металлов в сравнительном и географическом аспектах.

Для оценки вклада птиц в перенос элементов в городских экосистемах и расчета биомассы птиц в экосистеме были использованы результаты учетов птиц, проведенные нами в г. Ростове–на–Дону, а также собственные данные по массе тела птиц. Вся популяция грача г. Ростова–на–Дону содержит около 680 кг Zn, 10,7 кг Cu, 40 кг Pb, 0,4 кг Cd, 1,3 кг Ni, 0,3 кг Co и 3,2 кг Cr. По сравнению с врановыми птицами, популяции большой синицы и домового воробья играют меньшую роль в миграции элементов, поскольку их биомассы невелики, хотя численность этих видов в городском ландшафте высока и составляет 50 и 90 ос/км² соответственно. Результаты мультиэлементного анализа позволяют оценить вклад данных видов в геохимическую среду городской экосистемы. Установлено, что популяции большой синицы и домового воробья переносят 200 и 600 кг элементов соответственно. Основная доля всех химических элементов, слагающих тело (сухая масса) большой синицы и домового воробья, приходится на Ca (42,8% и 72,3% соответственно), Fe (13,4% и 3,6%), Mg (11,4% и 5,0%), Na (11,1% и 15,0%), P (10,9% и 1,8%), Al

(8,1% и 1,7%) и Ti (1,9% и 0,5%). На долю остальных элементов приходится менее 1% от всего количества элементов. Популяцией домового воробья в г. Ростове-на-Дону в среднем переносится около $4,5 \times 10^5$ г Ca, 9×10^4 г Na, 3×10^4 г Mg, 2×10^4 г Fe, 1×10^4 г Al, 1×10^4 г P, 4×10^3 г Ti и 2×10^3 г Zn. Свинец, выступающий одним из основных загрязнителей окружающей среды, содержится в теле птиц в концентрациях, сравнимых с содержанием микроэлементов, играющих важную роль в жизнедеятельности птиц. Содержание большинства элементов (например, лантанонды) в популяциях изученных видов содержится в ультра количествах.

Изучение геохимической роли птиц в заповеднике проведено на примере популяций врановых птиц: грача, серой вороны и сороки. Плотность врановых в весенне-летний период в заповеднике «Ростовский» на «Островном» участке у грача составила $32,6 \text{ ос/км}^2$, серой вороны – $1,1 \text{ ос/км}^2$, сороки – $0,6 \text{ ос/км}^2$. Общая биомасса всех врановых насчитывала 14 кг/км^2 . Основную роль в степном ландшафте играет грач, на долю которого приходится 95% от общей биомассы врановых. Поскольку биомасса этого вида в степной экосистеме велика по сравнению с другими видами птиц, мы попытались выяснить его роль в круговороте элементов. Установлено, что во всей популяции грача содержится $16,2 \text{ кг Zn}$, $0,3 \text{ кг Cu}$, $0,6 \text{ кг Pb}$, $0,04 \text{ кг Cd}$, $0,03 \text{ кг Ni}$, $0,01 \text{ кг Co}$ и $0,07 \text{ кг Cr}$. Содержание тяжелых металлов во всей популяции серой вороны колеблется от $0,0001 \text{ (Cd) кг}$ до $0,1 \text{ (Zn) кг}$. Таким образом, роль серой вороны в заповеднике с биогеохимической позиции не столь существенна, ввиду ее низкой численности.

Использование для мультиэлементного анализа таких видов, как большая синица и домовый воробей имеет ряд преимуществ. Во-первых, эти виды отвечают всем требованиям, предъявляемых к модельным видам. Во-вторых, ввиду незначительной массы и размера тела эти виды просты в камеральной обработке. В-третьих, данные виды птиц относятся к разным типам питания (насекомоядным и зерноядным) и сравнение их химического состава позволяет определить их роль в миграции всех элементов в среде обитания. Изучение накопления тяжелых металлов и других поллютантов в популяциях доминирующих видов птиц позволяет оценить уровень содержания токсикантов в теле птиц и определить их роль в миграции элементов. Ввиду значительной биомассы, доминирующие виды переносят большие массы элементов в экосистеме, поэтому роль этих видов в круговороте элементов существенна.

ВЫВОДЫ

1. За период исследований в г. Ростове-на-Дону выявлено 184 вида птиц из 15 отрядов. Структура видовой разнообразия и характер доминирования видов варьирует по сезонам и в зависимости от мест обитания птиц.

2. В костях городских птиц наиболее изменчиво содержание Cd, Co, Cu, Zn и Al. Концентрации таких основных загрязнителей городской среды, как Pb и Cr, достаточно высоки в органах и тканях городских птиц и не существенно варьируют в птицах, обитающих в разных районах города.

3. Геохимическая неоднородность, гетерогенность городской среды отражается на распределении тяжелых металлов в органах и тканях птиц. При этом наблюдаются значимые различия по накоплению многих элементов у особей одного и того же вида в разных районах города, а особи разных видов, обитающие в одних и тех же районах города и входящие в одну экологическую группу, характеризуются сходными процессами накопления элементов.

4. Изучение химического элементного состава показало, что в теле птиц Ростовской области определяется до 72 элементов периодической системы. Большинство элементов рассеиваются птицами в окружающей среде, лишь для немногих элементов птицы выступают как концентраторы. В основном, для тех элементов, которые являются жизненно необходимыми или выступают в качестве загрязнителей окружающей среды.

5. Роль доминирующих видов птиц в круговороте элементов в урбандишпах существенна, поскольку они обладают значительной биомассой.

6. Наиболее перспективными видами в мониторинге загрязнения городской среды тяжелыми металлами являются популяции синантропных видов птиц: сизый голубь, сорока, грач, серая ворона, большая синица, домовый и полевой воробей.

Список опубликованных работ:

1. *Савицкий Р.М.* Видовое разнообразие птиц как индикатор состояния городской среды // Мат. межд. студ. науч.-практ. конф. «Экология и регион» (г. Ростов-на-Дону, 19-20 декабря 1995 г.). Ростов-на-Дону: РГЭА, 1995. С. 231.
2. Лебедева Н.В., *Савицкий Р.М.* Накопление тяжелых металлов в популяциях птиц на юго-западе России // Тез. докл. Первой межд. науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие: загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность» (г. Днепропетровск, 4-8 декабря 1995 г.). Днепропетровск: ДДУ, 1995. Т. 2. С. 80-81.
3. Лебедева Н.В., *Савицкий Р.М.* Концентрация тяжелых металлов у грача в Ростовской области // Тез. докл. конф. «Вопросы экологии и охраны природы Ставропольского края и сопредельных территорий» (г. Ставрополь, 11-12 декабря 1995 г.). Ставрополь: СГПУ, 1995. С. 128-129.
4. *Савицкий Р.М.* Разнообразие орнитофауны в условиях городской среды // Мат. межд. конф. студ. и асп. по фонд. наукам «Ломоносов-96» (Москва, 12-14 апреля 1996 г.) М.: МГУ, 1996. Вып. 1. С. 74.
5. *Савицкий Р.М.*, Котенко Н.А. Оценка состояния орнитофауны городских экосистем // Мат. 2 межд. науч. студ. конф. «Город и экология» (г. Ростов-на-Дону, 19-20 ноября 1996 г.) Ростов-на-Дону: РГЭА, 1996. С. 81.
6. *Савицкий Р.М.*, Савицкая Н.А. Орнитофауна города Ростова-на-Дону // Мат. 3 межд. науч.-практ. студ. конф. «Экология и здоровье человека» (г. Ростов-на-Дону, 20-21 ноября 1997 г.). Ростов-на-Дону: РГЭА, 1997. С. 122.
7. *Савицкий Р.М.* Разнообразие птиц на рыбопродуктивных прудах Ростова-на-Дону // Мат. студ. науч. конф. «Актуальные проблемы экологии в сельскохозяйственном производстве» (пос. Персиановский, 25-26 ноября 1998 г.). Персиановский: ДонГАУ, 1998. С. 71-72.
8. Казаков Б.А., Ломадзе Н.Х., Забашта А.В., Маркитан Л.В., *Савицкий Р.М.*, Сиденко М.В., Стахеев В.В., Хохлов В.В. Птицы Ростовского аэропорта // Кавказский орнитологический вестник. Вып. 10. Ставрополь: СГУ, 1998. С. 31-38.

9. *Савицкий Р.М.*, Лебедева Н.В., Савицкая Н.А. Видовой состав и динамика разнообразия птиц в городе Ростове-на-Дону // Кавказский орнитологический вестник. Вып. 10. Ставрополь: СГУ, 1998. С. 114-123.
10. *Савицкий Р.М.* Хищные птицы и совы Ростова-на-Дону // Мат. III конф. по хищным птицам Восточной Европы и Северной Азии. Ч. 2. (Кисловодск, 15-18 сентября 1998 г.) Ставрополь, 1998. С. 92-94.
11. Лебедева Н.В., *Савицкий Р.М.* Птицы как объекты биоиндикации в г. Ростове-на-Дону // Мат. междунауч.-практ. конф. «Биосфера и человек». Майкоп, 1999. С.106-107.
12. Казаков Б.А., Ломадзе Н.Х., Забашта А.В., Маркитан Л.В., *Савицкий Р.М.*, Сиденко М.В., Стахеев В.В., Хохлов В.В. Птицы Ростовского аэропорта // Кавказский орнитологический вестник. Вып. 11. Ставрополь: СГУ, 1999. С. 81-84.
13. *Савицкий Р.М.* О гнездовании орлана-белохвоста в г. Ростове-на-Дону // Кавказский орнитологический вестник. Вып. 11. Ставрополь: СГУ, 1999. С. 224.
14. *Савицкий Р.М.* К сравнительной характеристике популяций врановых птиц в городской среде // Мат. науч. конф. асп. и соискателей. Ростов-на-Дону: РГУ, 2001. С. 25-27.
15. *Савицкий Р.М.*, Денисова Т.В., Савицкая Н.А. Изучение изменчивости морфологических структур и гематологических показателей модельных видов птиц в биоиндикации загрязнения местообитания // Мат. междунауч. конф. "Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии". Казань: Матбугат йорты, 2001. С. 544-545.
16. *Савицкий Р.М.* К сравнительной характеристике популяционной изменчивости некоторых видов врановых в околородных местообитаниях // Мат. конф. молодых ученых Мурманского морского биологического института, проводимой в рамках Всероссийской акции "Дни защиты от экологической опасности" (г. Мурманск, апрель 2001 г.). Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2001. С. 79-80.
17. Sorokina T.V., *Savitsky R.M.* Accumulation of heavy metals in colonial birds in the delta of Don river // Problems of today in bioindication and biomonitoring. XI Intern. Symp. on bioindicators. (Syktyvkar, September 17-21, 2001). Syktyvkar, 2001. P. 364-365.
18. Лебедева Н.В., Сорокина Т.В., *Савицкий Р.М.* Содержание тяжелых металлов в органах и тканях слетков большого баклана из дельты р. Дон // Кавказский орнитологический вестник. Вып. 13. Ставрополь: СГУ, 2001. С. 86-91.
19. Лебедева Н.В., *Савицкий Р.М.* Территориальная структура смешанных поселений птиц на островах в Таганрогском заливе Азовского моря // Тез. докл. междунауч. сем. «Современные проблемы физиологии и экологии морских животных (рыбы, птицы, млекопитающие)». (г. Ростов-на-Дону, 11-13 сентября 2002 г.). Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2002. С. 108-110.
20. Лебедева Н.В., *Савицкий Р.М.* Накопление металлов врановыми птицами Ростовской области // Кавказский орнитологический вестник. Вып. 15. Ставрополь: СГУ, 2003. С.3-70.
21. Лебедева Н.В., *Савицкий Р.М.* Геохимическая характеристика птиц урболоантшафтов // Мат. I Междунауч.-практ. конф. «Животные в антропогенном ландшафте». (г. Астрахань, 14-16 мая 2003 г.). Астрахань: АГУ, 2003. С. 34-35.



ПЕЧАТЬ РИЗОГРАФ. БУМАГА ОФСЕТНАЯ. ГАРНИТУРА "ТАЙМС".

ФОРМАТ 60x84/16. ОБЪЕМ 1,0 УЧ. - ИЗД. Л.

ЗАКАЗ № 274. ТИРАЖ 100 ЭКЗ.

ОПЕЧАТАНО В КМЦ "КОПИЦЕНТР"

344006, г. РОСТОВ-НА-ДОНУ, СУВОРОВА, 19. ТЕЛ. 47-34-88