

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ШЕРСТИ ЖИВОТНЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

©2020 г. ¹Е. А. Чанчаева, ¹В. С. Лапин, ¹О. В. Кузнецова, ¹Т. К. Куриленко, ²Р. И. Айзман

¹ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», г. Горно-Алтайск;

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», г. Новосибирск

Цель исследования – определение концентрации тяжелых металлов в шерсти собак, содержащихся на придомовых территориях города Горно-Алтайска. **Методом** атомно-абсорбционного спектрального анализа определяли содержание микроэлементов (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn) в шерсти собак (*Canis lupus familiaris*) города. **Результаты.** Средние концентрации микроэлементов в образцах шерсти обследованных собак составили: Cd – 0,13 мг/кг; Pb – 1,23 мг/кг; Cr – 4,0 мг/кг; Cu – 7,8 мг/кг; Mn – 12,36 мг/кг. Содержание микроэлементов в шерсти животных не зависит от их возраста, пола и района обитания. В вариационном диапазоне микроэлементного состава шерсти животных других регионов с различной экологической обстановкой полученные результаты по Горно-Алтайску соответствуют среднему уровню. Возможным источником поступления микроэлементов в организм животных в условиях городской среды Республики Алтай являются мелкодисперсные твердые частицы выбросов твердотопливных отопительных систем и выхлопов двигателей внутреннего сгорания, поступающие с вдыхаемым атмосферным воздухом. **Вывод:** содержание тяжелых металлов в эктодермальной среде животных отражает особенности процессов аккумуляции экзотоксикантов, обусловленные концентрацией загрязняющих веществ и условиями самоочищения воздушного бассейна города.

Ключевые слова: тяжелые металлы, эктодермальная ткань, атмосферный воздух, Горно-Алтайск

CONCENTRATIONS OF HEAVY METALS IN ANIMAL HAIR IN AN URBAN SETTING IN THE ALTAI REPUBLIC

¹E. A. Chanchaeva, ¹V. S. Lapin, ¹O. V. Kuznetsova, ¹T. K. Kurilenko, ²R. I. Aizman

¹Gorno-Altai State University, Gorno-Altai; ²Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

The aim of the study was to estimate concentrations of heavy metals in animal hair in an urban setting of the Altai Republic. **Methods.** The method of atomic absorption spectral analysis was used to determine the content of trace elements (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn) in the hair of the outdoor dogs (*Canis lupus familiaris*) of Gorno-Altai. **Results.** The mean values for the concentration of trace elements in the hair samples of the examined dogs were the following: Cd - 0.13 µg/kg; Pb - 1.23 µg/kg; Cr - 4.0 µg/kg; Cu - 7.8 µg/kg; Mn - 12.36 µg/kg. Concentrations of trace elements in animal hair was not associated with age, sex and area of residence of the animals. In general, the range of concentrations of the studied elements were comparable with the findings from other settings. A possible source of microelements in animal hair in Gorno-Altai is micro-fine solids of emissions from solid fuel heating systems and combustion engines exhaust. **Conclusion:** concentrations of heavy metals in animal hair in the study setting is comparable with other settings and seems to reflect the peculiarities of the processes of accumulation of exo-toxicants and self-cleaning of the city air basin.

Kew words: heavy metals, animal hair, atmospheric air, Gorno-Altai.

Библиографическая ссылка:

Чанчаева Е. А., Лапин В. С., Кузнецова О. В., Куриленко Т. К., Айзман Р. И. Анализ содержания тяжелых металлов в шерсти животных городской среды Республики Алтай // Экология человека. 2020. № 12. С. 11–17.

For citing:

Chanchaeva E. A., Lapin V. S., Kuznetsova O. V., Kurilenko T. K., Aizman R. I. Concentrations of Heavy Metals in Animal Hair in an Urban Setting in the Altai Republic. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 11-17.

Одними из наиболее токсичных веществ, формирующих загрязнение атмосферного воздуха, являются тяжелые металлы. Загрязнители атмосферного воздуха накапливаются в снеговом покрове, почве, ухудшают качество воды; их вторичное поступление через растительную биоту в ткани животных и человека замыкает биогеоценологическую цепь, где человек является начальным и конечным звеном [13, 15, 18]. В Республике Алтай объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляет около 34 тыс. т/г, в том числе в административном центре – около 9 тыс. т/г. Загрязнение атмосферного воздуха происходит за счет не только твердотопливных отопительных систем, автомобильного транспорта,

но и трансграничного переноса загрязнителей из соседних регионов. В результате даже на фоне низкой промышленной и демографической (63 214 человек) нагрузки может складываться неблагоприятная экологическая ситуация по состоянию атмосферного воздуха [10]. Актуальность комплексного мониторинга экологического состояния Горного Алтая оправдана необходимостью оценки антропогенных трансформаций различных звеньев биогеоценоза в динамике с целью дальнейшей разработки мероприятий, направленных на снижение токсикологической нагрузки на процессы естественной биотической регуляции в биосфере.

Накопление тяжелых металлов в снеговом покрове, почве и растениях городской среды Республики Алтай

изучено достаточно, тогда как анализ аккумуляции тяжелых металлов тканями животных и человека не проводился. По данным авторов [5], степень антропогенной трансформации для речных вод сравнительно низкая, для грунтовых вод — повышенная и выражается в небольшом увеличении содержания тяжелых металлов и более значительном — азотистых и полиароматических соединений. Биоиндикационный анализ элементного состава лишайника (*Caloplaca sp.*) в пределах города Горно-Алтайска показал аппроксимацию к типоморфному микроэлементному составу выбросов отопительных систем, работающих на кузнецком угле, что свидетельствует о преобладающем поступлении микроэлементов в растительную биоту из атмосферного воздуха [5]. Для комплексной оценки экологического состояния воздушного бассейна необходимо изучение аккумуляции тяжелых металлов тканями животных.

В ранжированном ряду органов и тканей животных по степени накопления тяжелых металлов эктодермальная среда (шерсть) отличается повышенной кумулятивной способностью [7, 18]. Собаки, содержащиеся на придомовых территориях, являются представителями животного звена биоценоза, находящимися в постоянной непосредственной близости с приземной частью биосферы, что позволяет рассматривать их в качестве своеобразного индикатора состояния среды обитания [14], а сбор биологического материала (шерсти) представляется доступным и нетравматичным [17].

Цель исследования — определение концентрации тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Cr, Mn) в шерсти собак (*Canis lupus familiaris*), содержащихся на придомовых территориях города Горно-Алтайска.

Методы

Территория Горно-Алтайска расположена в северной части Алтайской горной области, преимущественно в котловинообразном расширении долины р. Маймы. Рельеф местности варьирует в пределах 250–820 м, при этом средняя высота местности составляет 400–450 м. В геоморфологическом плане район располагается в предгорной и низкогорной зонах Горного Алтая. Масштабы загрязнения приземного слоя атмосферы определяются мощностью выбросов, длительностью нахождения загрязняющих веществ в атмосфере и характером движения воздушных потоков, определяющих процессы их рассеивания, выведения или накопления. Загрязнение атмосферы техногенными выбросами связано со стратификацией атмосферы, величиной слоя перемешивания, скоростью ветра в слое 1,5 км. Сочетание метеорологических факторов, обуславливающих загрязнение атмосферы, представляет собой потенциал загрязнения. Известно, что очищение атмосферы от загрязняющих веществ, поступающих от различных источников, обусловлены мезо- и макромасштабными процессами — турбулентным обменом, высотой слоя перемешивания воздуха, режимом ветра,

т. д. Повторяемость и мощность инверсий связана с крупномасштабными атмосферными процессами. Наибольший уровень концентрации примесей в атмосфере отмечается в малоподвижных антициклонах и гребнях, на западной периферии антициклона или гребня, при адвекции тепла в малоподвижном небольшом по площади циклоне, в котором циркулирует одна и та же воздушная масса [10].

При повышенной и высокой загрязненности атмосферы в холодный период года характерным синоптическим положением является господство на исследуемой территории Азиатского антициклона. Концентрация вредных примесей увеличивается при туманах и дымках, которые аккумулируют вещества повышенной токсичности. Рассеиванию вредных примесей способствуют быстро движущиеся циклоны, сильные фронтальные ветры, интенсивные осадки. Очищение атмосферы происходит при вторжении воздушных масс из Арктики, несущих чистый воздух. Для характеристики степени очищения воздушного бассейна Горно-Алтайска от загрязняющих веществ нами был использован комплексный метеорологический показатель, или метеорологический показатель самоочищения атмосферы (K_M), предложенный Т. С. Селегей [6], который рассчитывается по формуле:

$$K_M = (P_{ш} + P_T) / (P_O + P_B),$$

где $P_{ш}$ — повторяемость скорости ветра, м/с; P_T — повторяемость дней с туманом, %; P_O — повторяемость дней с осадками > 0,5 мм, %; P_B — повторяемость скорости ветра > 6 м/с.

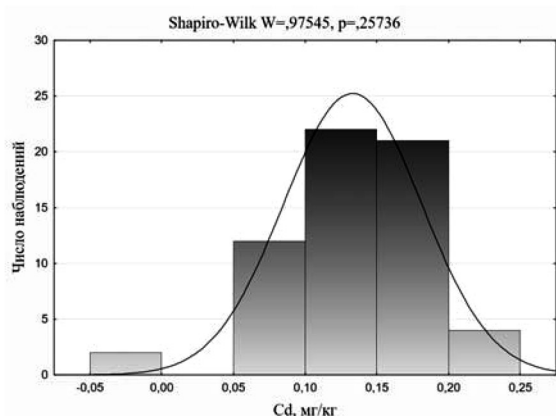
При K_M меньше единицы преобладают процессы самоочищения над процессами, способствующими накоплению примесей. При K_M больше единицы преобладают процессы накопления примесей над процессами самоочищения.

Установлено, что в долине р. Маймы, где расположен Горно-Алтайск, метеорологический показатель самоочищения атмосферы составил для зимнего периода 1,8, для весеннего — 1,2, для летнего — 1,5, для осеннего — 2,1. Таким образом, процессы, способствующие накоплению примесей в атмосфере, преобладают в течение всего года. Это обусловлено особенностями рельефа, котловинообразным расширением долины и незначительными перепадами высот при существенной повторяемости антициклональной погоды.

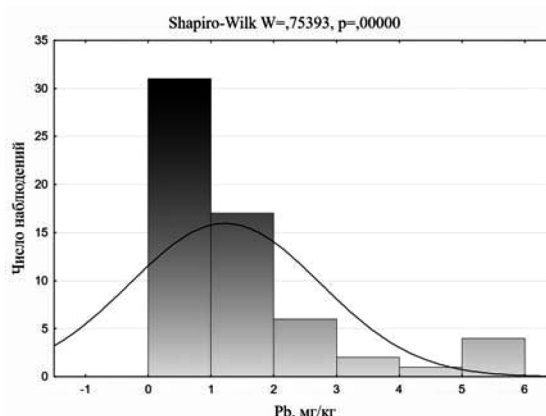
Проводили анализ на содержание микроэлементов в эктодермальной среде (шерсти) собак (*Canis lupus familiaris*), содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска. Сбор образцов шерсти собак производился сотрудниками ветеринарной службы во время подвального обхода, а также в условиях клиники при оказании ветеринарных услуг животным. Всего для анализа использовали образцы шерсти, взятые у 61 собаки (33 мужского и 28 женского пола) в возрасте от 1 года до 13 лет (33 собаки 1–5 лет; 28 собак 6–13 лет). Учитывали район обитания животных: центральная (30 собак) и окраинная (31 собака) часть города.

Для снижения потерь микроэлементов при пробоподготовке применяли метод мокрого озоления с использованием комплекса ТЭМОС-ЭКСПРЕСС (Томск). Масса навески шерсти составила 0,3–0,5 г. Каждый образец (две повторности) озоляли в следующей последовательности: 1) в тигли с образцами шерсти добавляли 2 мл HNO_3 (конц.) и выпаривали до 0,5 мл при температуре 135 °С; 2) добавляли по 0,5 мл HNO_3 (конц.) и H_2O_2 (30 %), выпаривали при температуре 135 °С несколько раз до однородной золы серого цвета; 3) озоляли пробы при температуре 450 °С в течение 30 мин; 4) золу растворяли в 50 мл HNO_3 (5 %). Определяли содер-

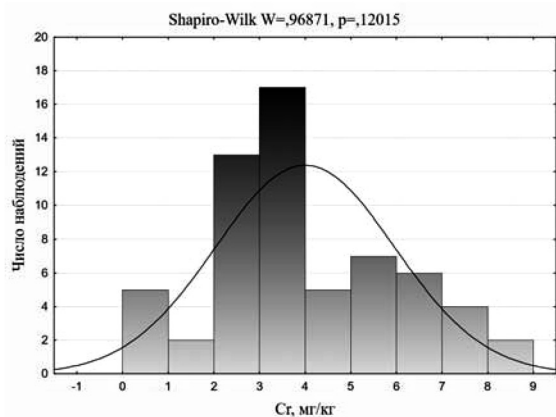
жание микроэлементов: кадмия (Cd), свинца (Pb), меди (Cu), хрома (Cr) и марганца (Mn). Применяли метод атомно-абсорбционного спектрального анализа («Квант-2», Москва). По результатам двух измерений каждого образца определяли среднее значение. Проверку нормальности распределения данных выполняли с помощью критерия Шапиро – Уилка (нулевую гипотезу отвергали при $p \leq 0,05$). Данные химического анализа представлены как среднее значение, показатели медианы и моды, в качестве мер рассеивания проводили вычисление перцентилей 25–75 % ($Q_1 - Q_3$). Значимость различий изучаемых параметров анализировали с применением критерия



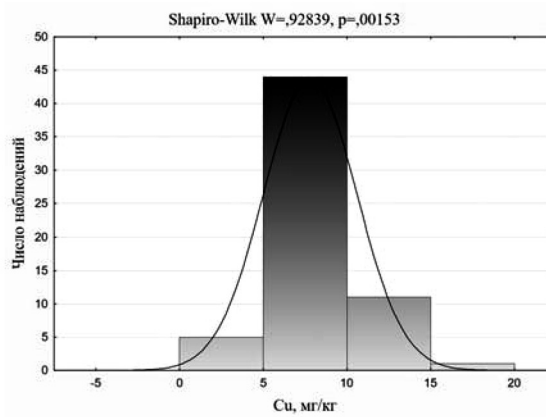
А



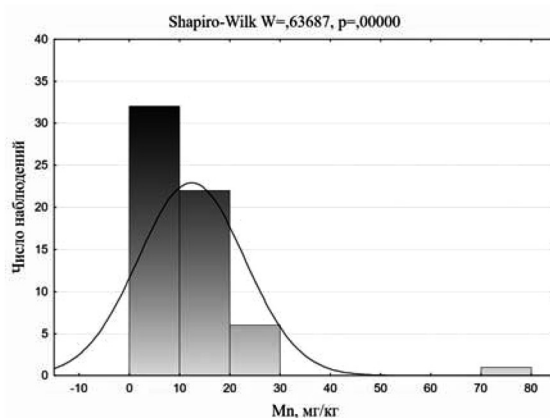
Б



В



Г



Д

Распределение значений концентрации микроэлементов в шерсти собак, содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска

Манна — Уитни. Пороговое значение уровня значимости принимали равным 0,05.

Результаты

Показатель биологически допустимого уровня (БДУ) основан на данных о пределе физиологической адаптации к верхней и нижней границе концентрации микроэлемента, за пределами которой проявляются процессы нарушения гомеостаза [13, 18]. В случае отсутствия данных о БДУ для интерпретации результатов исследования и выявления доли животных с высоким содержанием микроэлементов в биоматериалах необходимо определение территориальных референтных значений по каждому элементу. По данным литературы, верхний уровень этих показателей может отличаться в зависимости от района обследования [7].

Распределение значений Cd подчинялось закону нормального распределения ($W = 0,97$; $p = 0,26$) (рисунок, А), среднее значение составило 0,13 мг/кг (табл. 1). Относительно данного показателя превышение концентрации Cd отмечалось у 41 % животных. В литературе приводятся данные по содержанию Cd в шерсти животных, обитающих в разных экологических условиях (табл. 2). Так, в шерсти собак провинции Кореи этот показатель составляет 0,11 мг/кг [17], в шерсти коз, овец, верблюдов южных районов Египта с разной токсикологической нагрузкой в пределах: 0,12–4,33, 0,1–6,25, 0,11–5,75 мг/кг соответственно [19], диких животных (*Cervus elaphus*) провинции Польши — 0,12–0,18 мг/кг [11], в шерсти здоровых овец и овец, подвергшихся влиянию тяжелых металлов, в районах Китая — 0,36 и 2,82 мг/кг соответственно [21] (см. табл. 2). Таким образом, референтное значение концентрации Cd домашних собак, содержащихся на придворовых территориях Горно-Алтайска, существенно ниже, чем показатели, полученные авторами в исследованиях на сельскохозяйственных животных, обитающих в экологически загрязненных территориях, но несколько выше нижних границ представленного вариационного диапазона.

Из рисунка Б видно, что распределение значений Pb ($W = 0,75$; $p < 0,001$) отклонялось от нормального, показатель моды соответствовал уровню 0,1 (27) мг/кг, медианное значение — 0,87 мг/кг (см. табл. 1). При определении количества животных с превышением концентрации Pb в шерсти учитывали

среднее значение (1,23 мг/кг), относительно данного уровня превышение выявлено у 36,1 % животных. Вариационный размах 0,1–5,71 мг/кг (см. табл. 1) показывает присутствие в шерсти животных высоких концентраций, соответствующих значениям 5,71 мг/кг. Для человека эти значения превышают верхний порог БДУ (2,5–5,0 мг/кг) [4, 7]. По данным литературы, содержание Pb в шерсти собак составляет 1,47 мг/кг [17], сельскохозяйственных животных — 0,35–13,00 мг/кг [19], диких животных — 7,54–10,16 мг/кг [11], в шерсти здоровых и пораженных тяжелыми металлами овец — 1,16 и 3,76 мг/кг соответственно [21] (см. табл. 2). В представленном ряду концентраций Pb разных регионов референтное значение домашних собак Горно-Алтайска приближено к сравнительно низким значениям.

Таблица 1

Концентрация микроэлементов в шерсти домашних собак, содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска

| Микро-элемент | Среднее | Медиана | Мода | Min-Max | Q ₁ | Q ₃ |
|---------------|---------|---------|------|------------|----------------|----------------|
| Cd | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,00–0,23 | 0,10 | 0,16 |
| Pb | 1,23 | 0,82 | 0,10 | 0,10–5,71 | 0,10 | 1,66 |
| Cu | 7,80 | 7,37 | — | 0,81–18,10 | 5,97 | 8,97 |
| Cr | 4,00 | 3,71 | 3,24 | 0,51–8,28 | 2,59 | 5,40 |
| Mn | 12,36 | 9,12 | — | 2,82–77,51 | 6,35 | 14,20 |

Распределение показателей Cr статистически не отличалось от нормального ($W = 0,97$; $p = 0,12$) (рисунок, В), относительно среднего значения (4,0 мг/кг) (см. табл. 1) у 32,8 % собак отмечались более высокие концентрации элемента. По данным авторов [17], референтное значение концентрации Cr в шерсти собак составляет 2,41 мг/кг (см. табл. 2), в волосах человека показатель в норме составляет 0,15–1,5 мг/кг [7]. Выявленные значения концентрации Cr в шерсти собак в данном исследовании существенно выше, чем у других авторов.

В распределении значений Cu выявлено статистически значимое отклонение от нормального ($W = 0,93$; $p = 0,001$) (рисунок, Г), медиана данного элемента соответствовала уровню 7,37 мг/кг, превышение среднего уровня (7,8 мг/кг) составило 40,9 %. Референтное значение концентрации Cu в шерсти обследованных собак сравнивали с данными литературы. В шерсти овец, обитающих в сравнительно

Таблица 2

Значения концентрации микроэлементов в шерсти животных разных регионов

| Регион | Животные | Референтные значения, мг/кг | | | | | Источник |
|--------|-------------------------------------|-----------------------------|------------|-------------|------|-------------|----------|
| | | Cd | Pb | Cu | Cr | Mn | |
| Китай | Здоровые овцы | 0,36 | 1,16 | 3,73 | — | 4,63 | [21] |
| | Овцы, пораженные тяжелыми металлами | 2,82 | 3,76 | 9,87 | — | 4,89 | |
| Египет | Козы | 0,12–4,33 | 0,35–12 | — | — | 2,71–35 | [19] |
| | Овцы | 0,1–6,25 | 0,01–8,9 | — | — | 4,33–55 | |
| | Верблюды | 0,11–5,75 | 0,9–13 | — | — | 5,0–41 | |
| Польша | Благородный олень | 0,12–0,18 | 7,54–10,16 | 16,95–17,98 | — | 13,87–19,29 | [11] |
| Корея | Домашние собаки | 0,11 | 1,47 | — | 2,41 | — | [17] |

благоприятных экологических условиях Китая, показатель составил 3,73 мг/кг [21], что существенно ниже значения, полученного в данном исследовании (7,8 мг/кг). У овец, обитающих в загрязненном районе китайской провинции, концентрация Си соответствовала значению 9,87 мг/кг [21]. Таким образом, референтное значение концентрации Си в шерсти собак Горно-Алтайска по сравнению с данными литературы соответствует среднему уровню.

Медианное значение Мп ($W = 0,64$; $p < 0,001$) составило 9,12 мг/кг (рисунок, Д). Превышение среднего значения (12,36 мг/кг) среди обследованных животных — 36 %. Исследования других авторов показали, что концентрация Мп у овец загрязненного и сравнительно благополучного регионов Китая не зависела от экологического состояния среды обитания и составила 4,89 и 4,63 мг/кг соответственно [21]. В шерсти сельскохозяйственных животных, содержащихся на пастбищах южных районов Египта с различной экологической обстановкой, концентрация Мп варьировала в пределах 2,71–55 мг/кг [19], в шерсти диких животных, обитающих в провинции Польши — 13,87–19,29 мг/кг [11]. Концентрация Мп в шерсти домашних собак Горно-Алтайска по сравнению с результатами, представленными в литературе, соответствует среднему уровню.

В целом среди проанализированных образцов шерсти 33–41 % животных относительно территориальных референтных значений выявлены сравнительно высокие показатели концентрации микроэлементов. Содержание микроэлементов в шерсти собак не зависело от возраста, пола и района обитания животных. Следовательно, превышение территориальных референтных значений концентрации микроэлементов отмечалось примерно у третьей части животных независимо от района обитания во всех возрастно-половых группах.

Обсуждение результатов

Низкая ожидаемая продолжительность жизни в ряде регионов России, в числе которых и Республика Алтай (68,4 года) [12], свидетельствует о неблагоприятном состоянии здоровья населения; при этом среди ведущих причин смертности — болезни системы кровообращения и новообразования [15]. По оценкам ВОЗ, около 58 % случаев преждевременной смерти, связанной с загрязнением атмосферного воздуха, происходит в результате ишемической болезни сердца и инсульта, 6 % — в результате рака легких [3]. Для оценки экологического состояния атмосферного воздуха селитебных территорий в качестве индикатора используют образцы животной ткани.

В образцах шерсти домашних собак, содержащихся на придомовых территориях Горно-Алтайска, прогнозировались концентрации микроэлементов, приближенные к показателям экологически благоприятных регионов. Результаты исследования показали, что примерно у 37 % собак содержание микроэлементов превышало референтные значения. При

сравнении полученных результатов с показателями других регионов с различной экологической обстановкой установили, что в вариационном диапазоне микроэлементного состава шерсти животных значения Горно-Алтайска соответствуют среднему уровню.

Известно, что микроэлементы поступают во внутреннюю среду животных и человека при употреблении пищи и воды, а также при вдыхании аэрозолей или твердых частиц (ТЧ) с атмосферным воздухом [2]. По данным экологических служб Республики Алтай, содержание микроэлементов в питьевой воде и продуктах питания Горно-Алтайска соответствует допустимым концентрациям [1]. Результаты исследования авторов [5] показали, что количественный состав микроэлементов в лишайнике, произрастающем на кровлях в пределах городской среды, ассоциируется с составом кузнецкого угля. По всей видимости, одним из вероятных источников поступления микроэлементов в организм животных могут быть вдыхаемые мелкодисперсные ТЧ выбросов отопительных систем и выхлопов двигателей внутреннего сгорания. По данным литературы [16, 20], биодоступность многих микроэлементов увеличивается с уменьшением размера ТЧ. Мелкодисперсная среда ТЧ, абсорбирующих элементы, обеспечивает всасывание экзотоксикантов через аэрогематический барьер [9].

Известно, что ежегодно в мире сжигается более 10 млрд тонн топлива, при этом опасных веществ в атмосферу поступает больше, чем включается в биологический круговорот [16, 20]. Республика Алтай с ее малочисленными промышленными предприятиями и низкой плотностью населения признается экологически благоприятным регионом. В то же время низкая продолжительность жизни, высокий процент смертности от онкозаболеваний и болезней системы кровообращения среди жителей республики оставляют открытым вопрос о причинах, провоцирующих неблагоприятную демографическую обстановку. Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что население республики подвергается пролонгированному воздействию металлов в дозах, не позволяющих выявить признаки выраженного отравления, но в количествах, превышающих пороговые концентрации настолько, чтобы вызывать нарушение механизмов гомеостаза, провоцировать развитие заболеваний, этиология которых сложна для анализа. По данным литературы, подобные изменения в организме проявляются в результате эффекта накопления околопороговых доз токсиканта [7, 8]. В Республике Алтай одним из вероятных путей поступления тяжелых металлов в организм является вдыхание мелкодисперсных ТЧ от выбросов твердотопливных отопительных системы и выхлопов двигателей внутреннего сгорания. В условиях слабого самоочищения воздушного бассейна особенно актуально снижение использования каменного угля и жидкого автомобильного топлива. Так, при пылевой нагрузке 129 кг/км²/сут максимальное содержание ТЧ в атмосферном воздухе Горно-Алтайска составляет

5,7 мг/м³, что значительно превышает допустимые значения (ПДК = 0,5 мг/м³). Для корреляционного анализа количественного содержания тяжелых металлов в ткани животных с микроэлементами, поступающими из атмосферного воздуха, необходимо провести оценку их концентрации в ТЧ воздушного бассейна территории города.

Заключение

В вариационном диапазоне микроэлементного состава шерсти животных других регионов с различной экологической обстановкой полученные результаты по Горно-Алтайску соответствуют среднему уровню. Содержание тяжелых металлов в эктодермальной среде животных отражает особенности процессов аккумуляции экзотоксикантов, обусловленные концентрацией, характером аэрозолей и условиями самоочищения воздушного бассейна города. Для аппроксимации количественного содержания тяжелых металлов в ткани животных с микроэлементами, поступающими из атмосферного воздуха, необходим анализ их концентрации в ТЧ воздушного бассейна территории города.

Авторство

Чанчаева Е. А. провела пробоподготовку образцов волос животных, анализ и обсуждение результатов исследования, подготовила первый вариант статьи; Лапин В. С. провел работу по сбору и озолению образцов шерсти животных; Кузнецова О. В. определила содержание микроэлементов в растворах образцов шерсти животных на атомно-абсорбционном анализаторе; Куриленко Т. Н. провела анализ литературных данных о содержании тяжелых металлов в различных звеньях биогеоценоза Республики Алтай; Айзман Р. И. внес существенный вклад в концепцию, провел редакцию и правку окончательного варианта статьи.

Чанчаева Елена Анатольевна — ORCID 0000-0001-5281-1145; SPIN 1295-9908

Лапин Виталий Сергеевич — ORCID 0000-0003-3351-2056; SPIN 5625-9760

Кузнецова Ольга Викторовна — ORCID 0000-0001-7321-0824; SPIN 8626-0733

Куриленко Татьяна Калаиденовна — ORCID 0000-0002-7527-8686; SPIN 6761-7129

Айзман Роман Иделевич — ORCID 0000-0002-7776-4768; SPIN 5778-9814

Список литературы / References

1. Доклад Автономного учреждения Республики Алтай «Алтайский региональный институт экологии» о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай. URL: http://altai-republic.ru/society/doklad_nature (дата обращения: 26.11.2020)

Report of the Autonomous institution of the Altai Republic "Altai regional Institute of ecology" on the state and environmental protection of the Altai Republic in 2016. Available at: http://altai-republic.ru/society/doklad_nature_2020.pdf (accessed: 26.11.2020) [In Russian]

2. Зайцева Н. В., Землянова М. А. Исследование острой токсичности аэрозоля нанодисперсного оксида марганца для прогнозирования опасности здоровью работающих и

населения при ингаляционной экспозиции // Анализ риска здоровью. 2018. № 1. С. 89–97.

Zaitseva N. V., Zemlyanova M. A. Research on acute toxicity of nanodisperse manganese oxide aerosol for predicting health hazards for workers and population under inhalation exposure. *Анализ риска здоровью* [Health risk analysis]. 2018, 1, pp. 89–97. DOI: 10.21668/health.risk/2018.1.10 [In Russian]

3. Качество атмосферного воздуха и здоровье: информационный бюллетень Всемирной организации здравоохранения. 2 мая 2018. URL: [http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 14.04.2020).

Air quality and health: a newsletter of the World Health Organization. May 2, 2018. Available at: [http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed: 26.11.2020) [In Russian]

4. Любченко П. Н., Ревич Б. А., Левченко И. И. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами: методические рекомендации (МЗ СССР 28.11.1988). М., 1989. 24 с.

Lyubchenko P. N., Revich B. A., Levchenko I. I. Screening methods for identifying high-risk groups among workers in contact with toxic chemical elements: guidelines (MH of the USSR 28.11.1988). Moscow, 1989. 24 p. [In Russian]

5. Робертус Ю. В., Рихванов Л. П., Ситникова В. А. Элементный состав лишайника на шифере как биоиндикатор загрязнения атмосферы агломерации г. Горно-Алтайска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. № 4 (329). С. 70–78.

Robertus Yu. V., Rihvanov L. P., Sitnikova V. A. The elemental composition of lichen on roofing slate as a bioindicator of atmospheric pollution in Gorno-Altai. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo resources]. 2018, 4 (329), pp. 70–78. [In Russian]

6. Скальный А. В., Грабеклис А. Р., Скальная М. Г., Тармаева И. Ю., Киричук А. А. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды. М.: РУДН, 2019. 339 с.

Skalny A. V., Grabeklis A. R., Skalnaya M. G., Tarmaeva I. Yu., Kirichuk A. A. *Chemical elements in environmental hygiene and medicine*. Moscow, 2019, 339 p. [In Russian]

7. Селегей Т. С. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района // Труды Западно-Сибирского регионального НИИ Госкомгидромета, 1989. № 86. С. 84–89.

Selegay T. S. Meteorological potential of self-purification of the atmosphere of the Siberian economic district. *Trudy Zapadno-Sibirskogo regional'nogo NII Goskomgidrometa* [Proceedings of the West Siberian Regional Research Institute of the State Hydrometeorology Committee]. 1989, 86, pp. 84–89. [In Russian]

8. Трофимович-Пиастро Е. М., Айзман Р. И. Гигиена населения. Новосибирск: Плюс Реклама, 2019. 608 с.

Trofimovich-Piastro E. M., Aizman R. I. *Hygiene of the population*. Novosibirsk, Plus Reklama Publ., 2019, 608 p. [In Russian]

9. Brewer E., Li Y., Finken B., Quartucy G., Muzio L., Baez Al., Garibay M., Jung H. S PM_{2.5} and ultrafine particulate matter emissions from natural gas fired turbine for power generation. *Atmospheric Environment*. 2016, 4, pp. 141–149. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.11.048

10. Chanchaeva E. A., Sukhova M. G., Sidorov S. S.

Problems of the health status of children and atmospheric air of Gorno-Altai under the conditions of increasing transport load. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019, 395, pp. 1-5. DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012004

11. Cygan-Szczegielniak D., Stanek M., Stasiak K., Rocalewska A., Janicki B. The Content of Mineral Elements and Heavy Metals in the Hair of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) from Selected Regions of Poland. *Folia Biologica (Kraków)*. 2018, 66. DOI: 10.3409/FB62_3.163

12. Danilova I. A. Interregional inequality in life expectancy in Russia and its age cause of death components Social aspects of public health. *Social Aspects of Population Health*. 2017, 57, p. 3. DOI: 10.21045/2071-5021-2017-57-5-3

13. Du B., Zhou J., Lu B., Zhang C. Environmental and human health risks from cadmium exposure near an active lead-zinc mine and a copper smelter, China. *Science of The Total Environment*. 2020, 720. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137585

14. Esposito M., De Roma A., Maglio P. Bianco R., De Martinis C., Rosato, G. et al. Heavy metals in organs of stray dogs and cats from the city of Naples and its surroundings (Southern Italy). *Environmental Science and Pollution Research*. 2019, 26, pp. 3473-3478. DOI: 10.1007/s11356-018-3838-5

15. Lotrič Dolinar A., Došenović Bonča P. Sambt J. Longevity in Slovenia: Past and potential gains in life expectancy by age and causes of death. *Slovenian Journal of Public Health*. 2017, 2 (56), pp. 124-130. DOI: 10.1515/sjph-2017-0016

16. Olumayede E. G., Ediagbonya T. F., Ojiodu C., Oguntimehin I. Particle-Size Distribution and Bioaccessibility of Metals-Loaded in Street Dust of Urban Center in

Southwest Nigeria. *Preprints*, 2017. DOI: 10.20944/preprints201710.0109.v1

17. Park S. H., Lee M. H., Kim S. K. Studies on the concentrations of Cd, Pb, Hg and Cr in dog serum in Korea. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005, 18 (11), pp. 1623-1627. DOI: 10.5713/ajas.2005.1623

18. Rafati Rahimzadeh M, Rafati Rahimzadeh M, Kazemi S, Moghadamnia A-A. Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian Journal of Internal Medicine*. 2017, 8 (3), pp. 135-45. DOI: 10.22088/cjim.8.3.135

19. Rashed M. N., Soltan M. E. Animal hair as biological indicator for heavy metal pollution in urban and rural areas. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2005, 110 (1-3), pp. 41-53. DOI:10.1007/S10661-005-6288-8

20. Phi T. Ha., Chinh P. M., Cuong D. D. Elemental Concentrations in Roadside Dust Along Two National Highways in Northern Vietnam and the Health-Risk Implication. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2017, 74, pp. 46-55. DOI: 10.1007/s00477-013-0790-2

21. Shen X., Chi Y., Xiong K. The effect of heavy metal contamination on humans and animals in the vicinity of a zinc smelting facility. *Public Library of Science One*. 2019, 14 (10), pp. e0207423. DOI: 10.1371/journal.pone.0207423

Контактная информация:

Чанчаева Елена Анатольевна — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры физического воспитания и спорта, физиологии и безопасности жизнедеятельности психолого-педагогического факультета ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет»

Адрес: 649000, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, д. 1

E-mail: chan.73@mail.ru