

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

Количественное содержание свинца в волосах населения России: систематический обзор

Е.А. Чанчаева¹, А.М. Гржибовский^{2,3,4,5}, М.Г. Сухова¹¹ Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Российская Федерация;² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация;³ Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Российская Федерация;⁴ Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова, Актобе, Казахстан;⁵ Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Введение. Мероприятия по снижению круговорота свинца в биосфере реализуют во многих странах. Содержание свинца в волосах человека используют в качестве индикатора загрязнения окружающей среды, поэтому систематизированная информация по данному показателю в субъектах Российской Федерации необходима для мониторинга эффективности экологических мероприятий.

Цель. Систематический обзор англоязычной и русскоязычной литературы и качественный синтез информации о содержании свинца в волосах населения России.

Материал и методы. Проведён систематический обзор научной литературы 2011–2021 гг. по методике PRISMA. Систематический поиск литературы, представляющей концентрацию свинца в волосах взрослого населения регионов Российской Федерации, осуществлён на платформах PubMed и eLIBRARY.RU. Идентифицировано 1748 источников по критериям запроса. После первичного скрининга и оценки на приемлемость для качественного синтеза отобрано 37 публикаций.

Результаты. За изучаемый период опубликованы результаты исследований по 27 субъектам Российской Федерации, что составляет треть всех субъектов. Во всех исследованиях для пробоподготовки использовали мокрое озоление. Концентрацию свинца определяли методами индуктивно-связанной масс-спектрометрии, атомно-абсорбционной спектрометрии, дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии и инверсионной вольтамперметрии. Размер выборок — от 5 до 5908 человек. Средние значения концентрации свинца варьировали от 0,01 до 6,54 мг/кг с выраженными географическими различиями. Самые высокие уровни выявлены в Оренбургской (6,54 мг/кг) и Читинской (4,35 мг/кг) областях.

Заключение. Для двух третей субъектов Российской Федерации за период 2011–2021 гг. нет информации по концентрации свинца. Качественный синтез информации позволил выявить не только выраженные географические различия, но и существенную гетерогенность дизайна исследований, размера выборок и способов представления результатов, что может затруднять проведение сравнений и обуславливает необходимость использования универсальных подходов к сбору, анализу и представлению данных для обеспечения сравнимости и воспроизводимости полученных результатов.

Ключевые слова: свинец; волосы; население; Россия.

Как цитировать:

Чанчаева Е.А., Гржибовский А.М., Сухова М.Г. Количественное содержание свинца в волосах населения России: систематический обзор // Экология человека. 2022. Т. 29, № 6. С. 371–389. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

Lead concentration in human hair in Russia: a systematic review

Elena A. Chanchaeva¹, Andrej M. Grjibovski^{2,3,4,5}, Maria G. Sukhova¹

¹ Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russian Federation;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

³ Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russian Federation;

⁴ West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University, Aktobe, Kazakhstan;

⁵ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

BACKGROUND: Extensive measures to reduce lead concentrations in the biosphere are implemented in many countries, therefore, the world community predicts a decrease in the quantitative content of lead in the environment. The concentration of lead in human hair is considered as an indicator of environmental pollution, therefore, systematized information on this indicator in the subjects of the Russian Federation is necessary to assess the effectiveness of environmental measures.

MATERIAL AND METHODS: This is a systematic review following PRISMA guidelines. We performed a systematic search and qualitative synthesis of scientific literature on hair concentrations of lead across Russia between 2011 and 2021. PubMed and eLIBRARY.RU were the main sources of scientific information in English and Russian, respectively. Initial search returned 1748 matches. Thirty-seven papers remained for qualitative synthesis after screening and eligibility analysis.

RESULTS: During the study period, the results of studies on 27 subjects of the Russian Federation were published, which is one third of all subjects of the federation. No heterogeneity was observed in sample preparation while methods of laboratory analysis varied between the settings and included inductively coupled plasma mass spectrometry, atomic absorption spectrometry and inversion voltammetry. The sample sizes ranged from 5 to 5908 individuals. The average lead concentrations varied between 0.01 and 6.54 mg/kg. The greatest concentrations of lead were reported in the Orenburg (6.54 mg/kg) and Chita Regions (4.35 mg/kg).

CONCLUSION: Two-thirds of all subjects of the Russian Federation for the period 2011–2021 are not covered by the study, so there are no data on the concentration of lead in the hair of the population of these regions. Further data collection should be performed using representative and sufficient sample samples while presentation of the results should contain detailed information on methods of data collection and analysis to ensure reproducibility and comparability of the findings.

Keywords: lead; hair; population; Russia.

To cite this article:

Chanchaeva EA, Grjibovski AM, Sukhova MG. Lead concentration in human hair in Russia: a systematic review. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):371–389. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

Received: 27.03.2022

Accepted: 10.06.2022

Published online: 05.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

Производственная и повседневная деятельность человека связана с увеличением содержания ряда токсичных микроэлементов [1–4]. Одним из наиболее опасных микроэлементов является свинец, который поступает в организм человека в основном алиментарным, ингаляционным путём и через неповреждённую кожу [5]. Загрязнение атмосферного воздуха свинцом происходит при поступлении металла в атмосферу от источников производственных объектов плавильной, металлургической промышленности [6, 7]; при использовании свинецсодержащих припоев в радиоэлектронике, аккумуляторном, кабельном, типографском производстве; при изготовлении красок и эмалей для фарфорно-фаянсового производства [8]; от универсальных источников — сжигания жидкого и твёрдого топлива [9]; от продуктов износа автомобильного транспорта [10], поэтому проблема присутствия свинца в окружающей среде актуальна для всех государств [2, 9].

Выбросы свинца, образующиеся от сжигания каменного угля, в разных странах отличаются масштабами [11–13]. К примеру, в Австрии эти показатели достигают 1,5 т/год, в Финляндии при эксплуатации тепловых электростанций получение энергии 1 МДж от сжигания угля сопровождается выбросами 20–120 мкг свинца [11]. В Соединённых Штатах Америки за период 1990–2000 гг. выбросы свинца от крупных заводов, работающих на угле, сократились от 52,0 до 4,7 т/год [12]. В зависимости от эксплуатации разных видов жидкого топлива в атмосферный воздух ежегодное поступление свинца в Австрии составляет: от мазута — 1 т/год; от дизельного топлива — 43,6 т/год; от бензина с содержанием свинца — 174 т/год; в Финляндии выбросы свинца от сжигания мазута с образованием единицы энергии (1 МДж) составляют 5 мкг [11].

Известно, что нейротоксичность свинца проявляется в нарушении синтеза белка на уровне синапсов, затруднении синаптической передачи импульса. Свинец — антагонист многих элементов, поэтому в высоких концентрациях способен снижать их содержание: в частности, таких элементов, как кальций, цинк, селен. Катионы свинца подавляют иммунорегуляторную активность лимфоцитов. Воздействие повышенных концентраций свинца на гипоталамо-гипофизарную регуляторную ось проявляется в гиперсекреции тропных гормонов, таких как тиреотропный гормон и лютеинизирующий гормон [14].

Поступление свинца во внутреннюю среду при вдыхании возможно как непосредственно в лёгких, так и в верхних отделах дыхательных путей, а органами, абсорбирующими токсикант, являются лёгкие и печень. Длительная аккумуляция свинца в итоге приводит к его преимущественному отложению в костной ткани. Выведение микроэлемента — продолжительный и отсроченный процесс, требующий от нескольких дней (40 дней из мягких тканей) до нескольких лет (более 25 лет из костной ткани, около 20 лет — из крови через почки). Волосы накапливают

свинец из крови, которая является звеном между аккумулирующими тканями и почками [14, 15]. Пролонгированная аккумуляция микроэлемента в тканях в малых дозах в итоге приводит к заболеваниям сердечно-сосудистой системы, скелета [16, 17], мочевыделительной системы [18].

В основе токсикологического воздействия свинца на сердечно-сосудистую систему лежат изменённые механизмы работы кальциевых каналов кардиомиоцитов и гладкомышечных волокон [16, 19, 20], доза воздействия свинца напрямую определяет исход кардиоваскулярного заболевания [5]. Сердечно-сосудистые заболевания во всём мире признаются одной из частых причин летальных исходов, пролонгированная аккумуляция свинца в организме, по всей видимости, — одна из причин развития патологии сердца и сосудов [5, 21]. Нарушение транспорта кальция в результате накопления свинца в костной ткани вызывает развитие остеопении и остеопороза [17]. В исследовании [22] установлено, что свинец, поступающий в организм с питьевой водой, вызывает альбуминурию и протеинурию, но без перехода в хроническую болезнь почек.

Поскольку аккумуляция свинца в тканях может быть причиной развития многих заболеваний, необходимо определять накопление свинца в организме человека на стадии предболезни. Оценка концентрации свинца у здоровой части населения разных регионов необходима для определения показателей нормы, однако в литературе нет однозначных данных о предельно допустимой концентрации свинца в волосах человека.

Предполагается, что содержание свинца в тканях человека (волосы, ногти, кровь и т.д.) является показателем экологического состояния окружающей среды [2, 3, 23–25], поэтому в работах приводятся данные об источниках поступления микроэлемента в аэрогеотические звенья [2, 3]. Среди прочего биоматериала многие авторы [1, 2, 23, 26] отмечают преимущество волос для анализа концентрации металлов в организме человека.

Несмотря на то, что волосы и ногти являются весьма инертной биосредой и химические вещества этих тканей не включаются в метаболизм, именно в их матриксе статично архивируется минеральный состав внутренней среды, отражая процесс пролонгированного накопления элементов. В связи с этим многие исследователи рассматривают волосы в качестве биоматериала для анализа аккумуляции микроэлементов в биотическом звене во взаимосвязи с экологическим состоянием окружающей среды.

В литературе приводятся следующие данные средних арифметических значений содержания свинца в волосах жителей дальнего зарубежья (мг/кг): для стран Востока (Китай, Япония) — 1,55; 4,80 [27, 28]; Европы (Польша, Испания) — 2,01; 1,46 [28]; Азии (Бангладеш) — 10,6 [5]. Данные межквартильного диапазона стран ближнего зарубежья России: Минск — 0,30–1,97 [29], Западный Казахстан — 0,039–3,260 [30], Северный Казахстан — 0,70–1,55 [31]. В большинстве работ применяют методику

озоления волос азотной кислотой для пробоподготовки [27, 28, 30–32], а для анализа — метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) [27], масс-спектрометрию с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) [30–32] и рентгеновскую радиоизотопно-индуцированную спектрометрию [5]. Объём выборок (образцы волос человека) также характеризуется гетерогенностью: 33 [31], 124 [5], 225 [27], 350 [32], 609 исследуемых [30]. В опубликованных систематических обзорах [33, 34] отмечается, что для обеспечения сравнимости результатов оценки микроэлементного состава волос населения разных регионов и составления элементных карт необходима единая методология.

В Российской Федерации (РФ) развита добывающая, перерабатывающая и производственная промышленность, активно используется ископаемое топливо, сохраняется проблема утилизации бытовых отходов и продуктов износа автомобильного транспорта, поэтому высока вероятность поступления свинца в окружающую среду в высоких концентрациях. Несмотря на широкое освещение данных о содержании свинца в волосах населения разных субъектов РФ [1, 3 26, 35, 36 и др.], систематический анализ всех данных не проводился. Систематические обзоры об элементном составе волос необходимы для медицинской географии, оценки связи между состоянием здоровья населения и факторами окружающей среды в экологически неблагоприятных районах [9, 33]. Картирование по содержанию свинца в волосах жителей разных стран достаточно полно представлено

в зарубежной литературе [33, 34, 37, 38]. Данные по содержанию микроэлементов у жителей России освещаются как в отечественных изданиях на русском языке [1, 26, 36], так и в международной литературе на английском языке [3, 23, 39–42], что вызывает необходимость регулярного проведения систематизации информации и синтеза знаний по проблеме содержания токсических элементов в биологических средах населения.

Цель работы. Систематический обзор англоязычной и русскоязычной литературы и качественный синтез информации о содержании свинца в волосах населения России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск информации проводили на платформах PubMed, eLIBRARY.RU. Для электронного поиска в eLIBRARY.RU применяли расширенный поиск по следующей схеме:

- предмет поиска — микроэлементы, волосы, человек, население;
- место поиска — в названии публикации, в аннотации, в ключевых словах, в полном тексте публикации;
- тип публикации — статьи в журналах;
- параметры — искать с учетом морфологии;
- годы публикации — 2011–2021.

В eLIBRARY.RU по заданному запросу было найдено 1694 источника (рис. 1).

При скрининге публикаций исключали:

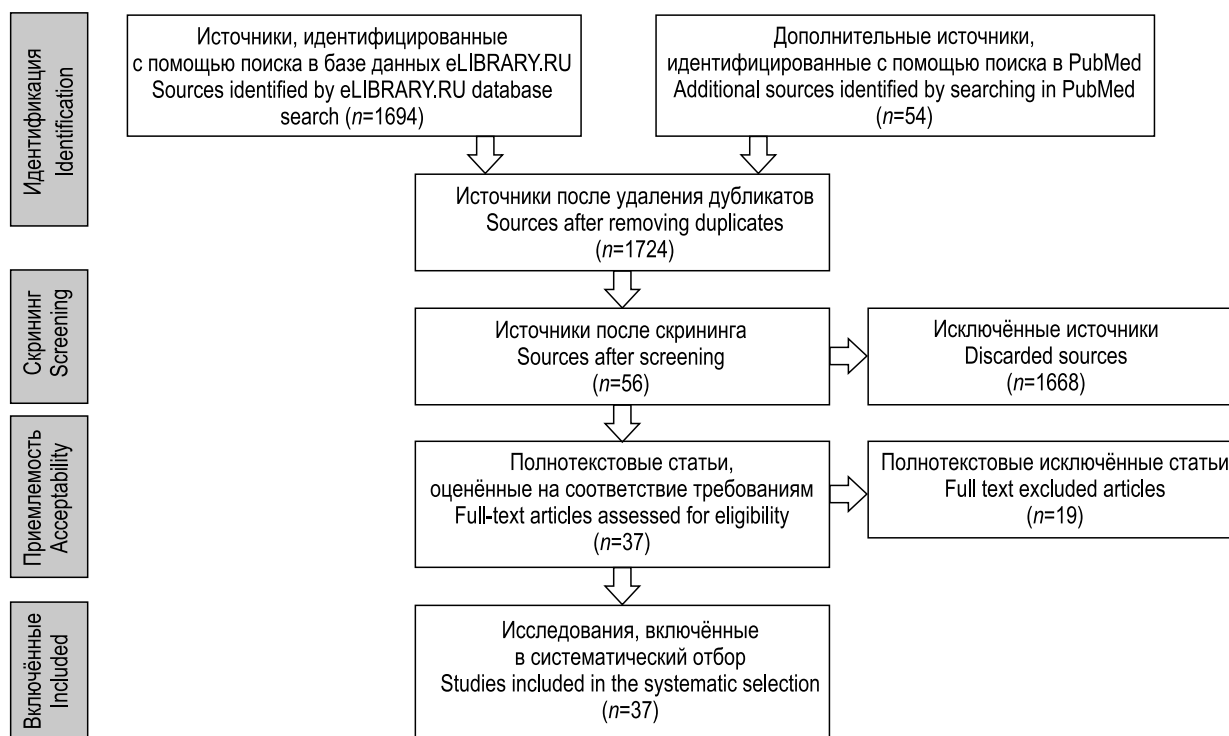


Рис. 1. Схема отбора публикаций для систематического обзора.

Fig. 1. Article selection procedure for a systematic review.

- систематические обзоры;
- публикации, вышедшие до 2011 года;
- статьи, содержание которых не затрагивает необходимую тематику;
- статьи, посвящённые изучению детского возраста;
- рукописи, не проходящие рецензирование;
- исследования с использованием иного биоматериала, кроме волос с кожи головы;
- работы, в которых испытуемым выступал не человек;
- исследования, не содержащие данных по концентрации свинца в волосах человека;
- публикации, посвящённые патологии, профессиональному воздействию микроэлементов, обследованию населения за пределами Российской Федерации;
- клинические наблюдения.

После скрининга исключено 1668 источников.

В анализ включали оригинальные исследования на русском или английском языках, опубликованные в виде полнотекстовых статей в рецензируемых журналах. Включали также статьи, в которых авторы оценивали микроэлементный состав волос с кожи головы (с обязательным содержанием свинца); публикации с представлением всех, одного или нескольких из вариантов данных: среднего арифметического значения (М), медианы (Ме), квартилей [Q1; Q3], максимальных и минимальных значений. Количество источников, соответствующих критериям включения, составило 31.

В конструкторе расширенного поиска PubMed (Advanced search builder) применяли критерии: Add terms to the query box — all fields; Query box — trace elements hair human Russia; ADD — AND Filters: Age: 19+; Species: Humans.

По данному запросу для дальнейшего анализа получено 54 источника (см. рис. 1). После исключения 24 дублирующих статей осталось 30 источников. Далее исключали статьи, опубликованные ранее 2011 года, а также статьи, где нет данных по свинцу; где изучалось профессиональное воздействие; где для исследования выступали беременные женщины; где изучались патология, население за пределами России. Всего исключено 24 источника, в результате получено 6 статей (см. рис. 1).

В целом в качественный анализ для систематического обзора было включено 37 оригинальных источников (31 — из eLIBRARY.RU, 6 — из PubMed) (см. рис. 1).

При описании данных учитывали район обследования; количественный состав, пол, возраст обследованных; метод анализа. Данные по концентрации свинца в волосах населения различных регионов представлены в одном или нескольких вариантах значений: среднее арифметическое значение (М), медиана, первый и третий квартили [Q1; Q3], минимальное и максимальное значение.

Для картирования данных средние значения концентраций (0,01–6,54 мг/кг) ранжировали по терцилям:

I терциль — 0,01–2,17 мг/кг; II терциль — 2,18–4,36 мг/кг; III терциль — 4,37–6,54 мг/кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В приложении 1 представлены данные авторов по содержанию свинца в волосах здорового населения разных субъектов РФ. Согласно этим данным, за период 2011–2021 гг. в научной литературе опубликованы результаты исследований по 27 субъектам РФ, что составляет 31,8%. Данные по 58 субъектам отсутствуют (рис. 2).

В приложении 1 показано, что результаты выражены большей частью в виде среднего арифметического значения, реже — в виде медианы, недостаточно данных по процентилям, минимальным и максимальным значениям. Не все авторы ставили целью сравнение данных по полу, а также не указывали возраст обследуемых.

На основании проанализированных данных за период 2011–2021 гг. установлена следующая градация (мг/кг): самые высокие значения обнаружены у населения Оренбургской области (6,54), Читинского района (4,35) [35] и Арктической зоны Якутии (3,82) [42]. По данным Федеральной службы государственной статистики за 2020 год [43], Оренбургская область, Забайкальский край (в том числе Читинский район), Республика Саха входят в число регионов с повышенным количеством выбросов в атмосферу загрязняющих веществ.

При интерпретации результатов лабораторного анализа у многих исследователей возникает вопрос о показателях верхнего уровня оценочной шкалы. В проанализированных работах часть авторов [1, 26, 36, 44, 45] ссылаются на биологически допустимый уровень (БДУ) концентрации свинца в волосах рабочих, подвергшихся профессиональному воздействию металла, авторы [46] проводят сравнение собственных результатов с БДУ. Другой подход к интерпретации результатов основан на сравнении данных с общероссийскими значениями [26, 30, 36, 47] или региональным показателем [26, 45].

С учётом опыта отечественных исследователей в настоящем обзоре применяли разный подход к интерпретации результатов. Согласно данным литературы [46], верхний допустимый уровень концентрации свинца в волосах человека составляет 5,0 мг/кг. Среднее арифметическое значение указанного признака у населения Светлинского района Оренбургской области превышает допустимый уровень.

По данным многочисленных исследований [15, 23, 41, 44, 48, 49], средние арифметические значения концентрации свинца в волосах населения России не выходят за пределы 3,0 мг/кг. Относительно данного показателя концентрацию свинца в волосах населения Читинского района (М=4,35 мг/кг) и Арктической зоны Якутии (М=3,82 мг/кг) уместно оценить как превышающую общероссийский уровень. По данным средних значений (М) представленного приложения 1, концентрация свинца в волосах населения регионов России в среднем

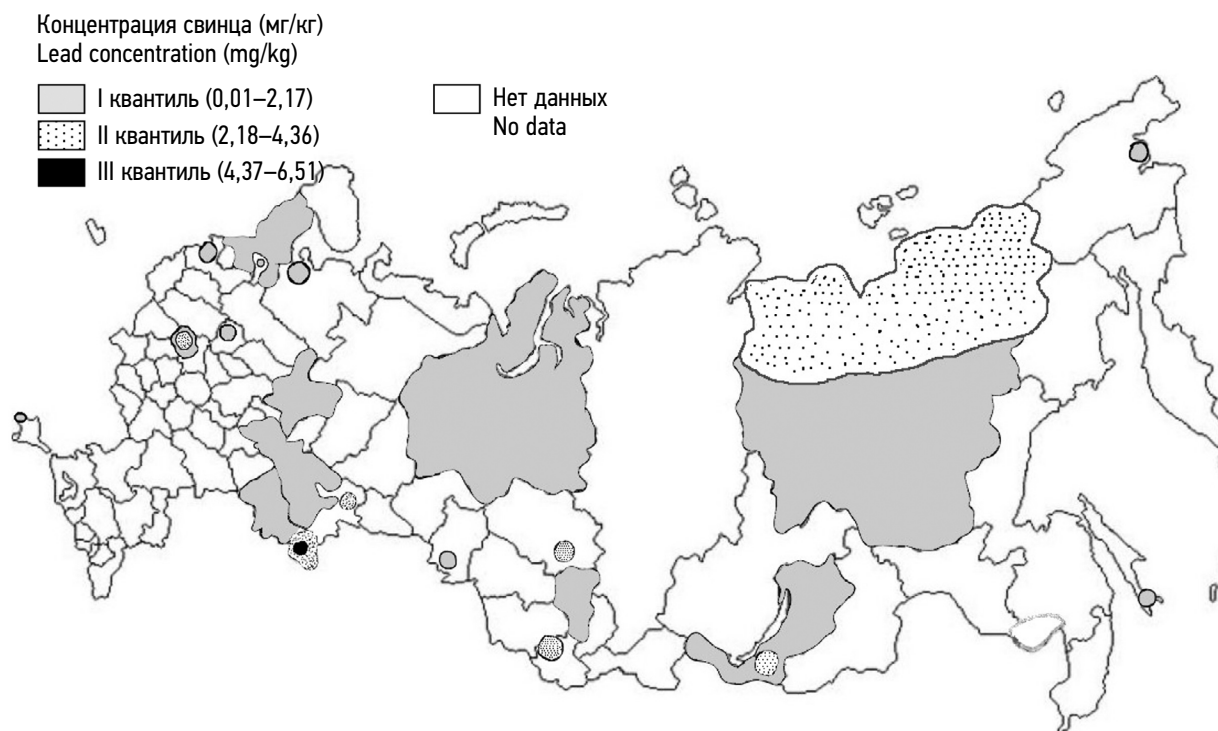


Рис. 2. Субъекты Российской Федерации с данными по концентрации свинца в волосах населения за период 2011–2021 гг.
Fig. 2. Subjects of the Russian Federation with data on the concentration of lead in the hair of the population for 2011–2021.

составляет 2,24 мг/кг, превышение среди регионов относительно указанного уровня — 11,45%.

Данные по Магадану, Оренбургской области опубликованы разными авторами за 2013–2019 гг. [39, 47–55], однако в работах не указан период сбора образцов волос, чтобы судить о спорадичности исследований или оценивать динамику. Если допустить, что сбор образцов волос проводили в разные периоды, то следует, что концентрация свинца в волосах населения Магадана с 2013 по 2019 год по средним значениям увеличилась более чем в 2 раза (в 2013 — 0,17 мг/кг; в 2019 — 0,44 мг/кг), но не превышала допустимое значение (5,0). По данным работ [47, 51], в регионах Оренбургской области в период с 2013 по 2019 год концентрация свинца увеличилась в среднем на 0,24 мг/кг в Центральной зоне, на 1,94 мг/кг — в Восточной и на 0,68 мг/кг — в Западной. Данные по всем регионам в основном не выходят за рамки БДУ (5 мг/кг), но по максимальным значениям значительно превышают этот уровень (мг/кг): в Оренбургской области (6,3; 7,4; 5,0) [48], Ярославле (6,47) [40], ЯНАО (5,62) [56] и Горно-Алтайске (17,7; 21,6) [45]. В приложении 1 видно, что авторы указывают разные меры рассеяния — это усложняет анализ данных.

Прослеживается слабая закономерность зависимости концентрации свинца в волосах от промышленной нагрузки региона. По данным [26, 36, 44, 56–58], у здоровой взрослой части населения экологически неблагоприятных регионов, не подвергающегося профессиональному воздействию, концентрация свинца не превышает БДУ и общероссийские референсные значения.

В своих исследованиях авторы использовали приборы:

- для ИСП-МС — ELAN 9000 (PerkinElmer SCIEX, Канада) [1, 26, 35, 36, 39, 42, 44, 48, 52–54, 58–61]; NexION 300D (PerkinElmer Inc., США) [3, 23, 40, 41, 49]; ICAP-9000 (Thermo Jarrell Ash Corporation, США) [50];
- для атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) — «КВАНТ-2» («Кортэк», Россия) [45];
- для инверсионного вольтамперметрического анализа (ИВА) — аналитический вольтамперметрический комплекс СТА («ИТМ», Россия) [62].

В работах [45, 47, 58, 63] не указано, с помощью каких приборов выполняли анализ. Таким образом, в коллекцию анализируемых нами данных вошли разные методы анализа, что может сказаться на сравнимости результатов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели допустимой концентрации свинца в волосах человека необходимы для интерпретации результатов лабораторных анализов как при индивидуальной оценке данных, так и при популяционных исследованиях [23, 32–34, 37, 38, 64, 65]. В отличие от понятия о предельной допустимой концентрации, которое применяют к максимальным концентрациям химических элементов и их соединений в окружающей среде, термин «условно биологически допустимый уровень» используется при анализе содержания веществ в животной ткани. Если речь идет о токсичном микроэлементе, под условно биологически допустимым уровнем понимают предел физиологической адаптации к верхней границе концентрации

микроэлемента, за пределами которой проявляются процессы нарушения гомеостаза, поскольку, в отличие от эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов, нижняя граница для токсичных элементов, очевидно, соответствует уровню 0,00 у.е. [1, 15, 44, 46 и др.].

Метод мокрого озоления волос, который использован в проанализированных работах, имеет преимущества перед сухим озолением по сниженным потерям микроэлементов, но является затратным по времени. Другая проблема, с которой сталкиваются исследователи, — сбор образцов волос у населения, от которого необходимо добровольное согласие на анализ. Для чистоты эксперимента необходимо придерживаться критериев включения и исключения при формировании выборки: к примеру, отсутствие заболеваний, вредной привычки табакокурения, приём лекарственных препаратов и витаминных комплексов, натуральное состояние волос. Вероятно, все указанные особенности объясняют, почему исследователи в некоторых работах ограничиваются столь малым объёмом выборки для анализа (от 5 до 15). Низкий процент включённых в исследование испытуемых (от генеральной совокупности) не отражает полной вариабельности значений концентрации свинца в волосах, увеличивает вероятность случайной ошибки.

В большинстве работ (33 источника) лабораторный анализ проведён централизованно (лаборатория Центра биотической медицины) с применением метода ИСП-МС, что позволяет выполнять сравнение данных разных регионов. Используемые в 4 других работах методы ААС и ИВА характеризуются как высокочувствительные [66], позволяющие определить не более 4–5 элементов за один сеанс.

В разделе «Материал и методы» многих публикаций недостаточно информации для систематического анализа, это обуславливает использование универсальных подходов к описанию дизайна исследования: год сбора образцов волос; критерии включения/исключения при формировании выборки (возраст, пол, состояние здоровья, приём препаратов, состояние волос, период проживания в исследуемом регионе и др.); тип исследования (длительное или одномоментное, поперечное или продольное); объём выборок; метод пробоподготовки; метод анализа с названием анализатора.

Для возможности включения публикаций в систематический анализ необходимы данные об элементном составе биоматериалов: среднее значение, медиана и квартили [Q1; Q3], минимальное и максимальное значения.

Представленные данные не дают полной картины присутствия свинца в волосах для картирования по всем регионам России. За период 2011–2021 гг. обследовано лишь 31,8% субъектов РФ. В литературе содержание свинца в организме человека представлено в различных тканях (кровь, ногти) [3, 67] и рассмотрено в связи с разной патологией [68]. Много работ посвящено изучению содержания свинца в волосах детей [3, 49, 67, 69 и др.].

В данном исследовании рассмотрено содержание свинца только в волосах здоровых взрослых людей, что значительно ограничило количество исследуемых работ по регионам России.

У людей с избыточным весом [49], у офисных работников нефтехимической промышленности [70] концентрация свинца не отличалась от значений контрольной группы. Напротив, у работников алюминиевого завода концентрация свинца в волосах по сравнению с контрольной группой была выше в 2 раза [23]. Проживание детей вблизи автотрасс приводит к накоплению свинца в их волосах (3,26–4,49 мкг/г) [67]. Следовательно, профессиональное воздействие и проживание вблизи источников выбросов свинца вызывают существенное накопление этого микроэлемента в волосах человека.

Среди полномасштабных и практически повсеместных мероприятий по снижению содержания свинца в окружающей среде известны запрет на производство и использование свинцовых красок и этилированного бензина, ограничение применения твёрдого ископаемого топлива. Со времени внедрения указанных мер прогнозировалось значительное снижение присутствия данного элемента в окружающей среде, в настоящее время системный анализ присутствия свинца в организме человека необходим для оценки эффективности программных мероприятий [2, 9]. Проведённый в нашей работе систематический обзор данных литературы по содержанию свинца в волосах населения Российской Федерации за период 2011–2021 гг. показывает, что у здорового взрослого населения средние значения варьируют в пределах 0,01–6,54 мг/кг. В Магадане и Оренбургской области содержание свинца в волосах населения предположительно изучалось в разные моменты времени, данные проведённого мониторинга позволили выявить тенденцию к увеличению концентрации Pb за последние 6 лет. В целом Оренбургская область — единственный регион, по которому достаточно информации для систематического анализа, по остальным регионам данных либо недостаточно, либо они отсутствуют, что не позволяет сделать какие-либо выводы об эффективности экологических мероприятий по снижению круговорота свинца в биосфере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для двух третей субъектов РФ за период 2011–2021 гг. нет данных по концентрации свинца. Качественный синтез информации позволил выявить не только выраженные географические различия, но и существенную гетерогенность дизайна исследований, размера выборок и способов представления результатов, что может затруднять проведение сравнений и обуславливает использование универсальных подходов к сбору, анализу и представлению данных для обеспечения сравнимости и воспроизводимости полученных результатов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ/ ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Е.А. Чанчаева — поиск информации, идентификация, скрининг, оценка на приемлемость, написание статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; А.М. Гржибовский — концепция и дизайн исследования, методологические аспекты, критические комментарии, доработка рукописи, редактирование и утверждение окончательного варианта статьи; М.Г. Сухова — оценка на приемлемость публикаций, оформление ссылок, списка литературы, подготовка схемы, рисунка, приложения.

Authors' contribution. All authors fulfil ICMJE authorship criteria, i.e., made a significant contribution to concept and design, data collection, interpretation, writing and approval of the final version of the manuscript. E.A. Chanchaeva performed literature search, screened papers for eligibility, drafted the first version of the manuscript and is generally responsible for contents of the paper; A.M. Grijbovski stands behind the idea, design and all methodological issues, provided critical comments to the first draft, participated in preparing subsequent drafts, edited and approved the final version; M.G. Sukhova participated in selection of papers, evaluation of their eligibility and qualitative synthesis, and was responsible for technical management of all versions of the manuscript.

Финансирование исследования. Работа выполнена без внешнего финансирования.

Funding sources. The study had no sponsorship.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Competing interests. Authors declare absence of any competing interests regarding the study and the article publication.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Березкина Е.С., и др. Референтные значения содержания химических элементов в волосах взрослых жителей Республики Татарстан // *Экология человека*. 2016. Т. 23, № 4. С. 38–44. doi: 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44
2. Li Y., Zhang B., Li H., et al. Biomarkers of lead exposure among a population under environmental stress // *Biol Trace Elem Res*. 2013. Vol. 153, N 1-3. P. 50–57. doi: 10.1007/s12011-013-9648-1
3. Skalny A.V., Zhukovskaya E.V., Kireeva G.N., et al. Whole blood and hair trace elements minerals in children living in metal-polluted area near copper smelter in Karabash, Chelyabinsk region, Russia // *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018. Vol. 25, N 3. P. 2014–2020. doi: 10.1007/s11356-016-7876-6
4. Olumayede E.G., Ediagbonya T.F. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria // *ScientificWorldJournal*. 2018. Vol. 2018. P. 9. doi: 10.1155/2018/6852165
5. Chowdhury R., Ramond A., O'Keeffe L.M., et al. Environmental toxic metal contaminants and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis // *BMJ*. 2018. N 29. P. 362. doi: 10.1136/bmj.k3310
6. Jaccob A.A. Levels of As, Cd, Pb and Hg found in the hair from people living in Altamira, Pará, Brazil: environmental implications in the Belo Monte area // *Brazilian J Pharm Sci*. 2020. Vol. 56. doi: 10.1590/s2175-97902019000318061
7. Pragst F., Stieglitz K., Runge H., et al. High concentrations of lead and barium in hair of the rural population caused by water pollution in the Thar Jath oilfields in South Sudan // *Forensic Sci Int*. 2017. N 274, P. 99–106. doi: 10.1016/j.forsciint.2016.12.022
8. Gao X., Ji B., Yan D., et al. A full-scale study on thermal degradation of polychlorinated dibenzo- p-dioxins and dibenzofurans in municipal solid waste incinerator fly ash and its secondary air pollution control in China // *Waste Manag Res*. 2017. Vol. 35, N 4. P. 437–443. doi: 10.1177/0734242X16677078
9. Michalak I., Wołowicz P., Chojnacka K. Determination of exposure to lead of subjects from southwestern Poland by human hair analysis // *Environ Monit Assess*. 2014. Vol. 186, N 4. P. 2259–2267. doi: 10.1007/s10661-013-3534-3
10. Kazimirova A., Peikertova P., Barancokova M., et al. Automotive airborne brake wear debris nanoparticles and cytokinesis-block micronucleus assay in peripheral blood lymphocytes: a pilot study. *Environ Res*. 2016. Vol. 148. P. 443–449. doi: 10.1016/j.envres.2016.04.022
11. Zevenhoven R., Kilpinen P. Control of pollutants in flue gases and fuel gases. 2nd edition. Espoo/Turku : Helsinki university of technology, 2002. 298 p.
12. Albina D.O., Themelis N.J. Emissions from waste-to-energy: a comparison with coal-fired power plants // *IMECE'03 2003 ASME International Mechanical Engineering Congress*; November 16–21, 2003; New York. doi: 10.1115/IMECE2003-55295
13. Снежко С.И., Шевченко О.Г. Источники поступления тяжелых металлов в атмосферу // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2011. № 18. С. 35–37.
14. Зайцева Н.В., Ланин Д.В., Черешнев В.А. Иммунная и нейро-эндокринная регуляция в условиях воздействия химических факторов различного генеза. Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2016. 236 с.
15. Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Скальная М.Г., Тармаева И.Ю., Киричук А.А. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды / под ред. В.Н. Ракитского, Ю.А. Рахманина. Москва : РУДН, 2019. 339 с.
16. Mitra P., Sharma S., Purohit P., Sharma P. Clinical and molecular aspects of lead toxicity: an update // *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2017. Vol. 54, N 7-8. P. 506–528. doi: 10.1080/10408363.2017.1408562
17. Jalili C., Kazemi M., Taheri E., et al. Exposure to heavy metals and the risk of osteopenia or osteoporosis: a systematic review and meta-analysis // *Osteoporos Int*. 2020. Vol. 31, N 9. P. 1671–1682. doi: 10.1007/s00198-020-05429-6

18. Matović V., Buha A., Đukić-Čosić D., Bulat Z. Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys // *Food Chem Toxicol.* 2015. Vol. 78. P. 130–40. doi: 10.1016/j.fct.2015.02.011
19. Choi S., Kwon J., Kwon P., et al. Association between blood heavy metal levels and predicted 10-year risk for a first atherosclerosis cardiovascular disease in the general Korean population // *Int J Environ Res Public Health.* 2020. Vol. 17, N 6. P. 2134. doi: 10.3390/ijerph17062134
20. Protsenko Y.L., Klinova S.V., Gerzen O.P., et al. Changes in rat myocardium contractility under subchronic intoxication with lead and cadmium salts administered alone or in combination // *Toxicol Rep.* 2020. Vol. 7. P. 433–442. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.03.001
21. Amini M., Zayeri F., Salehi M. Trend analysis of cardiovascular disease mortality, incidence, and mortality-to-incidence ratio: results from global burden of disease study 2017 // *BMC Public Health.* 2021. Vol. 21, N 1. P. 401. doi: 10.1186/s12889-021-10429-0
22. Farkhondeh T., Naseri K., Esform A., et al. Drinking water heavy metal toxicity and chronic kidney diseases: a systematic review // *Rev Environ Health.* 2020. Vol. 36, N 3. P. 359–366. doi: 10.1515/reveh-2020-0110
23. Skalny A.V., Kaminskaya G.A., Krekesheva T.I., et al. Assessment of hair metal levels in aluminium plant workers using scalp hair ICP-DRC-MS analysis // *J Trace Elem Med Biol.* 2018. Vol. 50. P. 658–663. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.06.014
24. Hopps H.C. The biologic bases for using hair and nail for analysis of trace elements // *Sci Total Environ.* 1977. Vol. 7, N 1. P. 71–89. doi: 10.1016/0048-9697(77)90018-3
25. Buononato E.V., De Luca D., Galeandro I.C., et al. Assessment of environmental and occupational exposure to heavy metals in Taranto and other provinces of Southern Italy by means of scalp hair analysis // *Environ Monit Assess.* 2016. Vol. 188, N 6. P. 337. doi: 10.1007/s10661-016-5311-6
26. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т. Уровни содержания кадмия и свинца в волосах населения Зауральской зоны Республики Башкортостан // *Экология человека.* 2020. Т. 27, № 1. С. 17–24. doi: 10.33396/1728-0869-2020-1-17-24
27. Liang G., Pan L., Liu X. Assessment of typical heavy metals in human hair of different age groups and foodstuffs in Beijing, China // *Int J Environ Res Public Health.* 2017. Vol. 14, N 8. P. 914. doi: 10.3390/ijerph14080914
28. Murao S., Kirdmanee C., Sera K., et al. Detection of lead in human hair: a contribution of PIXE to the lead-elimination issue // *International journal of PIXE.* 2013. Vol. 23, N 01n02. P. 31–37. doi: 10.1142/S0129083513400044
29. Гресь Н.А., Гузик Е.О., Кедрова И.И., и др. Баланс микроэлементов в биосистеме «человек — среда обитания» минского региона // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук.* 2012. № 4. С. 35–41.
30. Батырова Г.А., Тлегенова Ж.Ш., Умарова Г.А., и др. Микроэлементный статус взрослого населения Западного Казахстана // *Экология человека.* 2021. Т. 28, № 11. С. 42–49. doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-42-49
31. Байкенова Г.Е., Барановская Н.В., Какабаев А.А., и др. Индикаторные показатели состояния экосистем в элементном составе волос жителей районов северного Казахстана // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* 2021. Т. 332, № 7. С. 148–158. doi: 10.18799/24131830/2021/7/3278
32. González-Muñoz M.J., Peña A., Meseguer I. Monitoring heavy metal contents in food and hair in a sample of young Spanish subjects // *Food Chem Toxicol.* 2008. Vol. 46, N 9. P. 3048–3052. doi: 10.1016/j.fct.2008.06.004
33. Kist A.A., Zhuk L.I., Danilova E.A., Mikholskaya I.N. Mapping of ecologically unfavorable territories based on human hair composition // *Biol Trace Elem Res.* 1998. Vol. 64, N 1-3. P. 1–12. doi: 10.1007/BF02783320
34. Mikulewicz M., Chojnacka K.W., Gedrange T., Górecki H. Reference values of elements in human hair: a systematic review // *Environ Toxicol Pharmacol.* 2013. Vol. 36, N 3. P. 1077–1086. doi: 10.1016/j.etap.2013.09.012
35. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Суюндуков Я.Т., и др. Содержание токсичных микроэлементов в волосах взрослого населения Башкирского Зауралья // *Современные проблемы науки и образования.* 2016. № 6. С. 517.
36. Корчина Т.Я., Корчин В.И., Сухарева А.С., и др. Элементный статус взрослых некоренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа // *Экология человека.* 2019. Т. 26, № 10. С. 33–40. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-33-40
37. Abdelbagi M.A., Gilani Mustafa M.A., Sharf Eldeen A.E. Concentrations of trace elements in human hair as a biomarker expose to environmental contamination // *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology.* 2017. Vol. 4. P. 2.
38. Liu W., Xin Y., Li Q., et al. Biomarkers of environmental manganese exposure and associations with childhood neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis // *Environ Health.* 2020. Vol. 19, N 1. P. 104. doi: 10.1186/s12940-020-00659-x
39. Skalnaya M.G., Tinkov A.A., Demidov V.A., et al. Hair toxic element content in adult men and women in relation to body mass index // *Biol Trace Elem Res.* 2014. Vol. 161, N 1. P. 13–19. doi: 10.1007/s12011-014-0082-9
40. Zaitseva I.P., Skalny A.A., Tinkov A.A., et al. The influence of physical activity on hair toxic and essential trace element content in male and female students // *Biol Trace Elem Res.* 2015. Vol. 163, N 1-2. P. 58–66. doi: 10.1007/s12011-014-0172-8
41. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A., et al. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population // *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015. Vol. 40, N 1. P. 18–21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004
42. Petrova P.G., Borisova N.V., Koltovskaya G.A. The hypo- and hyperelementosis to women of the Republic of Sakha (Yakutia) // *Wiad Lek.* 2018. Vol. 71, N 4. P. 824–829.
43. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. Москва : Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2021. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021.pdf. Дата обращения: 06.06.2022.
44. Скальный А.В., Березкина Е.С., Демидов В.А., и др. Эколого-физиологическая оценка элементного статуса взрослого населения Республики Башкортостан // *Гигиена и санитария.* 2016. Т. 95, № 6. С. 533–538. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-6-533-538

45. Чанчаева Е.А., Сухова М.Г., Куриленко Т.К. Аккумуляция свинца в волосах населения административного центра Республики Алтай // *Экология человека*. 2021. Т. 28, № 6. С. 4–11. doi: 10.33396/1728-0869-2021-6-4-11
46. Любченко П.Н., Ревич Б.А., Левченко И.И. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. Метод. реком. Утв. МЗ СССР 28.11.1988 г. Москва, 1988. 24 с.
47. Баранова О.В., Брудастов Ю.А., Детков В.Ю., Мироненко А.Н. Оценка содержания микроэлементов в волосах жителей региона с повышенной антропогенной нагрузкой // *Вестник восстановительной медицины*. 2013. № 2. С. 64–66.
48. Скальный А.В., Мирошников С.А., Нотова С.В., и др. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации // *Экология человека*. 2014. Т. 21, № 9. С. 14–17.
49. Skalnaya M.G., Tinkov A.A., Demidov V.A., et al. Age-related differences in hair trace elements: a cross-sectional study in Orenburg, Russia // *Ann Hum Biol.* 2016. Vol. 43, N 5. P. 438–444. doi: 10.3109/03014460.2015.1071424
50. Сальникова Е.В., Мирошников А.М., Осипова Е.А., и др. Тяжелые металлы в цепи «Корм-животное-человек» на примере Оренбургской области // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2013. № 6. С. 10–12.
51. Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Скальный А.В. Региональные особенности содержания микроэлементов в биосфере и организме человека // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98, № 2. С. 148–152. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-148-152
52. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности состава питьевой воды Магадана и здоровья населения // *Гигиена и санитария*. 2016. Т. 95, № 3. С. 241–246. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246
53. Горбачев А.Л., Луговая Е.А. Элементный профиль организма аборигенных жителей Северо-Востока России // *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*. 2015. № 1. С. 86–94.
54. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Оценка нутриентной обеспеченности жителей Севера с учетом содержания макро- и микроэлементов в пищевых продуктах // *Вопросы питания*. 2015. Т. 84, № 2. С. 44–52.
55. Степанова Е.М., Луговая Е.А., Виноградова И.А. Элементный "портрет" студенческой молодежи северных регионов России // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. 2014. № 8-1. С. 44–51.
56. Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В., Попова Т.Л., Максименко Ю.И. Эссенциальные и токсичные элементы в биосубстратах жителей полуострова Ямал // *Научный вестник Ямало-ненецкого автономного округа*. 2019. № 3. С. 35–45. doi: 10.26110/ARCTIC.2019.104.3.007
57. Корчин В.И., Макаева Ю.С., Корчина Т.Я., и др. Биоэлементные маркеры антиоксидантного статуса у водителей и работников автозаправочных станций Северного региона // *Экология человека*. 2016. Т. 23, № 6. С. 9–14. doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-9-14
58. Бикбулатова Л.Н., Корчин В.И., Корчина Т.Я. Элементные маркеры воздействия на организм свинца и кадмия у некоренного и коренного населения Ямало-Ненецкого автономного округа // *Микроэлементы в медицине*. 2021. Т. 22, № 4. С. 43–49. doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-4-43-49
59. Скальная М.Г., Грабеклис А.Р., Скальный А.А., и др. Оценка элементного статуса населения Кировской области методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 99, № 3. С. 309–316. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-309-316
60. Степанова Е.М., Луговая Е.А. Характеристика микроэлементного баланса у юношей-аборигенов и европеоидов — постоянных жителей Чукотского автономного округа // *Экология человека*. 2019. Т. 26, № 12. С. 14–19. doi: 10.33396/1728-0869-2019-12-14-19
61. Тармаева И.Ю., Скальный А.В., Богданова О.Г., и др. Элементный статус взрослого трудоспособного населения Республики Бурятия // *Медицина труда и промышленная экология*. 2019. Т. 59, № 5. С. 308–313. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-5-308-313
62. Юрмазова Т.А., Шахова Н.Б., Рязанова Т.А. Использование физико-химических методов анализа в определении химического состава биосубстратов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. С. 1796.
63. Вильмс Е.А., Гогадзе Н.В., Турчанинов Д.В., Корчина Т.Я. Сравнительный анализ микроэлементного состава волос городских жителей Западной Сибири // *Гигиена и санитария*. 2015. Т. 94, № 7. С. 99–103.
64. Senofonte O., Violante N., Caroli S. Assessment of reference values for elements in human hair of urban schoolboys // *J Trace Elem Med Biol.* 2000. Vol. 14, N 1. P. 6–13. doi: 10.1016/s0946-672x(00)80017-6
65. Samanta G., Sharma R., Roychowdhury T., Chakraborti D. Arsenic and other elements in hair, nails, and skin-scales of arsenic victims in West Bengal, India // *Sci Total Environ.* 2004. Vol. 326, N 1-3. P. 33–47. doi: 10.1016/j.scitotenv.2003.12.006
66. Klotz K., Weistenhöfer W., Drexler H. Determination of cadmium in biological samples // *Met Ions Life Sci.* 2013. N 11. P. 85–98. doi: 10.1007/978-94-007-5179-8_4
67. Кудин М.В. Микроэлементный состав волос и ногтей у детей, проживающих в условиях воздействия цементной пыли // *Вопросы детской диетологии*. 2010. Т. 8, № 6. С. 47–50.
68. Skalnaya M.G., Skalny A.V., Grabeklis A.R., et al. Hair trace elements in overweight and obese adults in association with metabolic parameters // *Biol Trace Elem Res.* 2018. Vol. 186, N 1. P. 12–20. doi: 10.1007/s12011-018-1282-5
69. Савченков О.В. Влияние загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на здоровье детей дошкольного возраста // *Экология человека*. 2018. Т. 25, № 3. С. 16–20. doi: 10.33396/1728-0869-2018-3-16-20
70. Skalny A.V., Kaminskaya G.A., Krekeshcheva T.I., et al. The level of toxic and essential trace elements in hair of petrochemical workers involved in different technological processes // *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017. Vol. 24, N 6. P. 5576–5584. doi: 10.1007/s11356-016-8315-4
71. Отмахов В.И., Обухова А.В., Ондар С.А., Петрова Е.В. Определение элементного статуса человека с целью оценки экологической безопасности регионов // *Вестник Томского государственного университета*. Химия. 2017. № 9. С. 50–59. doi: 10.17223/24135542/9/5

72. Радилов А.С., Комбаров М.Ю., Павлова А.А., и др. Содержание химических элементов в волосах населения, проживающего в г. Армянск (Республика Крым) в период чрезвычайной экологической ситуации // Медицина экстремальных ситуаций. 2020. Т. 22, № 1. С. 49–60.
73. Горбачев А.Л., Луговая Е.А., Степанова Е.М. Микроэлементный профиль людей старческого возраста Европейского И Азиатского Севера России // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 5. С. 432–439.
doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-439-444
74. Суханов С.Г., Горбачев А.Л. Региональные особенности микроэлементного состава биосубстратов у жителей Северо-Западного региона России // Микроэлементы в медицине. 2017. Т. 18, № 2. С. 10–16.
doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-10-16
75. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Serebryansky E.P., et al. Comparative hair trace element profile in the population of sakhalin and Taiwan Pacific Islands // Biol Trace Elem Res. 2018. Vol. 184, N 2. P. 308–316. doi: 10.1007/s12011-017-1204-y
76. Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Аллаярова Г.Р., и др. Оценка обеспеченности организма жителей Уфы макро- и микроэлементами по составу биологических сред // Медицина труда и экология человека. 2016. № 3. С. 56–60.
77. Виноградова И.А., Варганова Д.В., Луговая Е.А. Оценка содержания макро- и микроэлементов у жителей Европейского Севера в зависимости от пола и возраста // Успехи геронтологии. 2021. Т. 34, № 4. С. 572–580.
doi: 10.34922/AE.2021.34.4.010
78. Луговая Е.А., Степанова Е.М., Варганова Д.В., и др. Региональные особенности элементного статуса жителей молодого возраста и старшей возрастной группы республики Карелия // Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. Т. 9, № 4. С. 81–86.
79. Тупикиев В.А., Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. Элементный состав волос как отражение экологической ситуации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. 2012. № 21. С. 119–122.

REFERENCES

1. Agadzhanian NA, Skalny AV, Berezkina ES, et al. Reference values for chemical elements concentration in hair of adults in the Republic of Tatarstan. *Ekologiya cheloveka (Human ecology)*. 2016;23(4):38–44. (In Russ).
doi: 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44
2. Li Y, Zhang B, Li H, et al. Biomarkers of lead exposure among a population under environmental stress. *Biol Trace Elem Res*. 2013;153(1-3):50–57. doi: 10.1007/s12011-013-9648-1
3. Skalny AV, Zhukovskaya EV, Kireeva GN, et al. Whole blood and hair trace elements and minerals in children living in metal-polluted area near copper smelter in Karabash, Chelyabinsk region, Russia. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(3):2014–2020.
doi: 10.1007/s11356-016-7876-6
4. Olumayede EG, Edigbonya TF. Sequential extractions and toxicity potential of trace metals absorbed into airborne particles in an urban atmosphere of Southwestern Nigeria. *Scientific world journal*. 2018;2018:6852165.
doi: 10.1155/2018/6852165
5. Chowdhury R, Ramond A, O'Keeffe LM, et al. Environmental toxic metal contaminants and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2018;362:k3310.
doi: 10.1136/bmj.k3310
6. Jaccob AA. Levels of As, Cd, Pb and Hg found in the hair from people living in Altamira, Pará, Brazil: environmental implications in the Belo Monte area. *Brazilian J Pharm Sci*. 2020;56.
doi: 10.1590/s2175-97902019000318061
7. Pragst F, Stieglitz K, Runge H, et al. High concentrations of lead and barium in hair of the rural population caused by water pollution in the Thar Jath oilfields in South Sudan. *Forensic Sci Int*. 2017;274:99–106. doi: 10.1016/j.forsciint.2016.12.022
8. Gao X, Ji B, Yan D, et al. A full-scale study on thermal degradation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in municipal solid waste incinerator fly ash and its secondary air pollution control in China. *Waste Manag Res*. 2017;35(4):437–443.
doi: 10.1177/0734242X16677078
9. Michalak I, Wołowicz P, Chojnacka K. Determination of exposure to lead of subjects from southwestern Poland by human hair analysis. *Environ Monit Assess*. 2014;186(4):2259–2267.
doi: 10.1007/s10661-013-3534-3
10. Kazimirova A, Peikertova P, Barancokova M, et al. Automotive airborne brake wear debris nanoparticles and cytokinesis-block micronucleus assay in peripheral blood lymphocytes: a pilot study. *Environ Res*. 2016;148:443–449.
doi: 10.1016/j.envres.2016.04.022
11. Zevenhoven R, Kilpinen P. *Control of pollutants in flue gases and fuel gases. 2nd edition*. Espoo/Turku: Helsinki university of technology; 2002. 298 p.
12. Albina DO, Themelis NJ. *Emissions from waste-to-energy: a comparison with coal-fired power plants*. IMECE'03 2003 ASME International Mechanical Engineering Congress; 2003 Nov 16–21; New York. doi: 10.1115/IMECE2003-55295
13. Snezhko SI, Shevchenko OG. Sources of heavy metals entering the atmosphere. *Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. 2011;(18):35–37. (In Russ).
14. Zaitseva NV, Lanin DV, Chereshnev VA. *Immune and neuroendocrine regulation under the influence of chemical factors of various genesis*. Perm: Izdatel'stvo Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta; 2016. 236 p. (In Russ).
15. Skalny AV, Grabeklis AR, Skalnaya MG, et al. *Chemical elements in environmental hygiene and medicine*. Rakitskij VN, Rahmanin JuA, editors. Moscow: RUDN; 2019. 339 p. (In Russ).
16. Mitra P, Sharma S, Purohit P, Sharma P. Clinical and molecular aspects of lead toxicity: an update. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2017;54(7-8):506–528. doi: 10.1080/10408363.2017.1408562
17. Jalili C, Kazemi M, Taheri E, et al. Exposure to heavy metals and the risk of osteopenia or osteoporosis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2020;31(9):1671–1682.
doi: 10.1007/s00198-020-05429-6

18. Matović V, Buha A, Đukić-Čosić D, Bulat Z. Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys. *Food Chem Toxicol.* 2015;78:130–140. doi: 10.1016/j.fct.2015.02.011
19. Choi S, Kwon J, Kwon P, et al. Association between blood heavy metal levels and predicted 10-year risk for a first atherosclerosis cardiovascular disease in the general Korean population. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(6):2134. doi: 10.3390/ijerph17062134
20. Protsenko YL, Klinova SV, Gerzen OP, et al. Changes in rat myocardium contractility under subchronic intoxication with lead and cadmium salts administered alone or in combination. *Toxicol Rep.* 2020;7:433–442. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.03.001
21. Amini M, Zayeri F, Salehi M. Trend analysis of cardiovascular disease mortality, incidence, and mortality-to-incidence ratio: results from global burden of disease study 2017. *BMC Public Health.* 2021;21(1):401. doi: 10.1186/s12889-021-10429-0
22. Farkhondeh T, Naseri K, Esform A, et al. Drinking water heavy metal toxicity and chronic kidney diseases: a systematic review. *Rev Environ Health.* 2020;36(3):359–366. doi: 10.1515/reveh-2020-0110
23. Skalny AV, Kaminskaya GA, Krekesheva TI, et al. Assessment of hair metal levels in aluminium plant workers using scalp hair ICP-DRC-MS analysis. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;50:658–663. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.06.014
24. Hopps HC. The biologic bases for using hair and nail for analyses of trace elements. *Sci Total Environ.* 1977;7(1):71–89. doi: 10.1016/0048-9697(77)90018-3
25. Buononato EV, De Luca D, Galeandro IC, et al. Assessment of environmental and occupational exposure to heavy metals in Taranto and other provinces of Southern Italy by means of scalp hair analysis. *Environ Monit Assess.* 2016;188(6):337. doi: 10.1007/s10661-016-5311-6
26. Rafikova YuS, Semenova IN, Khasanova RF, Suyundukov YaT. Cadmium and concentration in human hair in the trans-Urals region of Bashkortostan Republic. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2020;27(1):17–24. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2020-1-17-24
27. Liang G, Pan L, Liu X. Assessment of typical heavy metals in human hair of different age groups and foodstuffs in Beijing, China. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(8):914. doi: 10.3390/ijerph14080914
28. Murao S, Kirdmanee C, Sera K, et al. Detection of lead in human hair: a contribution of PIXE to the lead-elimination issue. *International journal of PIXE.* 2013;23(01n02):31–37. doi: 10.1142/S0129083513400044
29. Gres NA, Guzik EO, Kedrova II, et al. Microelement balance in the man — environment biosystem in the Minsk region. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, medical series.* 2012;(4):35–41. (In Russ).
30. Batyrova GA, Tlegenova ZhSh, Umarova GA, et al. Microelement status of the adult population in western Kazakhstan. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2021;28(11):42–49. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-42-49
31. Baikenova GE, Baranovskaya NV, Kakabaev AA, et al. Indicators of the state of the ecosystems based on the hair compositions of the northern Kazakhstan residents. *Bulletin of the Tomsk polytechnic university. Geo assets engineering.* 2021;332(7):148–158. (In Russ). doi: 10.18799/24131830/2021/7/3278
32. González-Muñoz MJ, Peña A, Meseguer I. Monitoring heavy metal contents in food and hair in a sample of young Spanish subjects. *Food Chem Toxicol.* 2008;46(9):3048–3052. doi: 10.1016/j.fct.2008.06.004
33. Kist AA, Zhuk LI, Danilova EA, Mikholskaya IN. Mapping of ecologically unfavorable territories based on human hair composition. *Biol Trace Elem Res.* 1998;64(1-3):1–12. doi: 10.1007/BF02783320
34. Mikulewicz M, Chojnacka K, Gedrange T, Górecki H. Reference values of elements in human hair: a systematic review. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2013;36(3):1077–1086. doi: 10.1016/j.etap.2013.09.012
35. Semenova IN, Rafikova YS, Suyundukov YaT, et al. Content of toxic trace elements in hairs adult population Trans-Urals of Bashkortostan. *Modern problems of science and education.* 2016;(6):517. (In Russ).
36. Korchina TYa, Korchin VI, Sukhareva AS. Elemental status of adult non-indigenous population of Khanty-Mansi autonomous region. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2019;26(10):33–40. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-33-40
37. Abdelbagi MA, Gilani Mustafa MA, Sharf Eldeen AE. Concentrations of trace elements in human hair as a biomarker expose to environmental contamination. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology.* 2017;4:2.
38. Liu W, Xin Y, Li Q, et al. Biomarkers of environmental manganese exposure and associations with childhood neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health.* 2020;19(1):104. doi: 10.1186/s12940-020-00659-x
39. Skalnaya MG, Tinkov AA, Demidov VA, et al. Hair toxic element content in adult men and women in relation to body mass index. *Biol Trace Elem Res.* 2014;161(1):13–19. doi: 10.1007/s12011-014-0082-9
40. Zaitseva IP, Skalny AA, Tinkov AA, et al. The influence of physical activity on hair toxic and essential trace element content in male and female students. *Biol Trace Elem Res.* 2015;163(1-2):58–66. doi: 10.1007/s12011-014-0172-8
41. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015;40(1):18–21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004
42. Petrova PG, Borisova NV, Koltovskaya GA. The hypo- and hyper-elementosis to women of the Republic of Sakha (Yakutia). *Wiad Lek.* 2018;71(4):824–829.
43. *The main indicators of environmental protection. Statistical bulletin.* Moscow: Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat); 2021. [cited: 06.06.2022]. Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/orx_bul_2021.pdf. (In Russ).
44. Skalny AV, Berezkina EA, Demidov VA, et al. Ecological and physiological assessment of the elemental status in the adult population of the republic of Bashkortostan. *Hygiene and sanitation.* 2016;95(6):533–538. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-6-533-538
45. Chanchaeva EA, Sukchova MG, Kurilenko TK. Lead concentration in human hair in the administrative center of the Altai Republic. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2021;28(6):4–11. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-6-4-11

46. Lyubchenko PN, Revich BA, Levchenko IL. *Screening methods for identifying high-risk groups among workers in contact with toxic chemical elements: guidelines. MH of the USSR 28.11.1988.* Moscow; 1988. 24 p. (In Russ).
47. Baranova OV, Brudastov YuA, Detkov VYu, Mironenko AN. Assessment of the content of trace elements in the hair of people in a region with increased anthropogenic load. *Bulletin of rehabilitation medicine.* 2013;(2):64–66. (In Russ).
48. Skalny AV, Miroshnikov SA, Notova SV, et al. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2014;21(9):14–17. (In Russ).
49. Skalnaya MG, Tinkov AA, Demidov VA, et al. Age-related differences in hair trace elements: a cross-sectional study in Orenburg, Russia. *Ann Hum Biol.* 2016;43(5):438–444. doi: 10.3109/03014460.2015.1071424
50. Salnikova EV, Miroshnikov AM, Osipova EA, et al. Heavy metals in chains «animal-feed-man» in case of Orenburg region. *Vestnik of Orenburg state pedagogical university.* 2013;(6):10–12. (In Russ).
51. Salnikova EV, Burtseva TI, Skalny AV. Regional peculiarities of trace elements in the biosphere and the human body. *Hygiene and sanitation.* 2019;98(2):148–152. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-2-148-152
52. Lugovaya EA, Stepanova EM. Features of the content of drinking water in the city of Magadan and population health. *Hygiene and sanitation.* 2016;95(3):241–246. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246
53. Gorbachev AL, Lugovaya EA. Trace element profile typical for aboriginal residents of Russia's Northeast. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East branch.* 2015;1:86–94. (In Russ).
54. Lugovaya EA, Stepanova EM. Assessment of the north resident's nutrition supply with view of the content of macroand microelements in food. *Problems of nutrition.* 2015;84(2):44–52. (In Russ).
55. Stepanova EM, Lugovaya EA, Vinogradova IA. Element "portrait" of students in Russian northern regions. *Proceedings of Petrozavodsk state university.* 2014;(8-1):44–51. (In Russ).
56. Agbalyan EV, Shinkaruk EV, Popova TL, Maksimenko YI. Essential and toxic elements in the biosubstrates of the inhabitants of the Yamal peninsula. *Scientific bulletin of the Yamal-Nenets autonomous district.* 2019;(3):35–45. (In Russ). doi: 10.26110/ARCTIC.2019.104.3.007
57. Korchin VI, Makayeva YS, Korchina TY, et al. Bioelemental markers of the antioxidant status in drivers and workers of petrol-filling stations in the Northern region. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2016;23(6):9–14. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2016-6-9-14
58. Bikbulatova LN, Korchin VI, Korchina TYa. Elemental markers of the impact on the organism of lead and cadmium in the indigenous and indigenous population of the Yamal-Nenets autonomous district. *Trace elements in medicine.* 2021;22(4):43–49. (In Russ). doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-4-43-49
59. Skalnaya MG, Grabeklis AR, Skalny AA, et al. Elementary status evaluation of Kirov region's population by method of mass spectrometry with inductively coupled plasma. *Hygiene and sanitation.* 2019;99(3):309–316. (In Russ). doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-309-316
60. Stepanova EM, Lugovaya EA. Hair microelement profile in young aboriginal- and caucasian men in the chukotka autonomous district (Arctic Russia). *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2019;26(12):14–19. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-12-14-19
61. Tarmaeva IYu, Skalny AV, Bogdanova OG, et al. Elemental status of the adult working population of the Republic of Buryatia. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology.* 2019;59(5):308–313. (In Russ). doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-5-308-313
62. Yurmazova TA, Shakhova NB, Ryazanova TA. Use of physico-chemical methods of analysis in the determination of the chemical composition of biological substrates. *Modern problems of science and education.* 2014;(6):1796. (In Russ).
63. Vilms EA, Gogadze NV, Turchaninov DV, Korchina TYa. Comparative analysis of trace element composition of hair in urban residents of western Siberia. *Hygiene and sanitation.* 2015;94(7):99–103. (In Russ).
64. Senofonte O, Violante N, Caroli S. Assessment of reference values for elements in human hair of urban schoolboys. *J Trace Elem Med Biol.* 2000;14(1):6–13. doi: 10.1016/s0946-672x(00)80017-6
65. Samanta G, Sharma R, Roychowdhury T, Chakraborti D. Arsenic and other elements in hair, nails, and skin-scales of arsenic victims in West Bengal, India. *Sci Total Environ.* 2004;326(1-3):33–47. doi: 10.1016/j.scitotenv.2003.12.006
66. Klotz K, Weistenhöfer W, Drexler H. Determination of cadmium in biological samples. *Met Ions Life Sci.* 2013;11:85–98. doi: 10.1007/978-94-007-5179-8_4
67. Kudin MV. The trace element composition of hair and nails in children living in communities exposed to cement dust. *Pediatric nutrition.* 2010;8(6):47–50. (In Russ).
68. Skalnaya MG, Skalny AV, Grabeklis AR, et al. Hair trace elements in overweight and obese adults in association with metabolic parameters. *Biol Trace Elem Res.* 2018;186(1):12–20. doi: 10.1007/s12011-018-1282-5
69. Savchenkov OV. Environmental heavy metals pollution effect on preschool children's health. *Ekologiya cheloveka (Human ecology).* 2018;25(3):16–20. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2018-3-16-20
70. Skalny AV, Kaminskaya GA, Krekesheva TI, et al. The level of toxic and essential trace elements in hair of petrochemical workers involved in different technological processes. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017;24(6):5576–5584. doi: 10.1007/s11356-016-8315-4
71. Otmakhov VI, Obuhova AV, Ondar SA, Petrova EV. Determining peoples element status to assess the ecological safety of regions. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta Khimiia.* 2017;(9):50–59. (In Russ). doi: 10.17223/24135542/9/5
72. Radilov AS, Kombarova MYu, Pavlova AA, et al. Element content in hair of population living in the city of Armyansk (Crimea republic) during the environmental emergency. *Medicine of extreme situations.* 2020;22(1):49–60. (In Russ).
73. Gorbachev AL, Lugovaya EA, Stepanova EM. Trace element status in old people of European and Asian parts of the North of Russia. *Hygiene and sanitation.* 2016;95(5):432–439. (In Russ). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-439-444
74. Sukhanov SG, Gorbachev AL. The regional features of the microelement composition of biosubstrates in residents of the

- North-West region of Russia. *Trace elements in medicine*. 2017;18(2):10–16. (In Russ).
doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-10-16
75. Skalny AV, Skalnaya MG, Serebryansky EP, et al. Comparative hair trace element profile in the population of sakhalin and Taiwan Pacific Islands. *Biol Trace Elem Res*. 2018;184(2):308–316. doi: 10.1007/s12011-017-1204-y
76. Larionova TK, Daukaev RA, Allayarova GR, et al. The assessment of provision macro- and trace elements of residents organism of Ufa by composition of biological fluids. *Occupational medicine and human ecology*. 2016;(3):56–60. (In Russ).
77. Vinogradova IA, Varganova DV, Lugovaya YeA. Hair macro- and microelement assessment in residents of European north depending on gender and age. *Advances in gerontology*. 2021;34(4):572–580. (In Russ). doi: 10.34922/AE.2021.34.4.010
78. Lugovaya EA, Stepanova EM, Varganova DV, et al. Region-related essential element status observed in the young and elderly residents of Republic of Karelia. *Vestnik Kolskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2017;9(4):81–86. (In Russ).
79. Tupikov VA, Naumova NL, Rebezov MB. Elemental composition of the hair as a reflection of environmental situation. *Bulletin of the South Ural state university series education healthcare physical culture*. 2012;(21):119–122. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

***Елена Анатольевна Чанчаева**, д.б.н., профессор;
адрес: Россия, 649000, Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-1145>;
eLibrary SPIN: 1295-9908;
e-mail: chan.73@mail.ru

Андрей Мечиславович Гржибовский, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: andrej.grjibovski@gmail.com

Мария Геннадьевна Сухова, д.г.н.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8648-2482>;
eLibrary SPIN: 4200-7808;
e-mail: Mgs.gasu@yandex.ru

AUTHORS INFO

***Elena A. Chanchaeva**, MD, PhD, Dr. Sci. (Biol.), professor;
address: 1 Lenkina street, 649000, Gorno-Altai, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5281-1145>;
eLibrary SPIN: 1295-9908; e-mail: chan.73@mail.ru

Andrej M. Grjibovski, MD, MPhil, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5464-0498>;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: andrej.grjibovski@gmail.com

Maria G. Sukhova, Dr. Sci. (Geogr.);
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8648-2482>;
eLibrary SPIN: 4200-7808;
e-mail: Mgs.gasu@yandex.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Приложение 1. Концентрация свинца в волосах населения субъектов Российской Федерации, мг/кг
Supplement 1. Hair lead concentration among the population of the Russian Federation, mg/kg

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Минимальное Minimum	Максимальное Maximum	Источник References
ИСП-МС	Москва и Московская область Moscow and Moscow region	М	20–60	1524	2,528	0,501 [0,121; 4,689]	—	—	[41]
		Ж / F		4384	0,532	0,295 [0,083; 1,462]	—	—	
		Оба пола (both)		5908	1,046	1,046 [0,088; 2,142]	—	—	
		М	18–76	71	0,536	0,308 [0,258; 0,808]	0,133	0,410	[35]
ИСП-МС	Сибай (Республика Башкортостан) Sibay city (Republic of Bashkortostan)	Ж / F			0,640	0,207 [0,144; 1,570]	0,125	1,620	
		М	18–76	17	—	0,788 [0,337; 1,650]	—	—	[26]
		Ж / F		66	—	0,160 [0,320; 0,540]	—	—	
		М	25–50	514	—	1,09 [0,5; 2,51]	—	—	[44]
ААС	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	Ж / F		624	—	0,41 [0,23; 0,77]	—	—	
		М (n=33)	38,3	81	1,32	1,26 [0,34; 1,66]	—	—	[58]
		Ж / F (n=48)							
		М	21–50	62	3,32	2,27 [0,46; 5,70]	0	17,72	[45]
ИВА	Горно-Алтайск Gorno-Altai	Ж / F		60	3,01	1,53 [0,82; 4,40]	0	21,6	
		—	—	15	2,25	—	—	—	[62]
ДАЭС	Томск / Tomsk	—	18–70	—	—	0,545 [0,2; 0,9]	—	—	[71]
ИСП-МС	Армянск, Республика Крым Armiansk, Republic of Crimea	Ж / F		44	1,56	1,03 [0,39; 2,62]	—	—	[72]
		М	19,9	54	0,978	0,687 [0,3; 1,28]	0,084	4,85	[40]
ИСП-МС	Ярославль Yaroslavl	Ж / F	20,0	59	0,494	0,249 [0,1493; 0,411]	0,0466	6,47	
		—	19–58	—	0,8745	—	0,061	5,62	[56]

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Минимальное Minimum	Максимальное Maximum	Источник References
	ЯНАО (некоренное население) Yamalo-Nenets autonomous okrug (non-indigenous population)	М (n=40)	38,3	92	1,19	1,15 [0,48; 1,55]	—	—	[58]
		Ж / F (n=52)							
	Республика Татарстан Republic of Tatarstan	М	25–50	460	—	0,58 [0,29; 1,18]	—	—	[1]
		Ж / F							
	Приволжский федеральный округ Volga Federal district	М	25–50	460	—	0,86 [0,41; 2,02]	—	—	
		Ж / F							
	Оренбургская область Orenburg region	—	8–65	1748	0,85	— [0,32; 1,38]	0,06	50,6	[48]
	Оренбургская область Orenburg region	М	22–35	510	—	0,887 [0,507; 1,797]	—	—	[39]
		Ж / F							
	Зоны Оренбургской области: Zones of the Orenburg region:	М (n=33)	19–23	—	—	—	—	—	[47]
		Ж / F (n=166)							
	Центральная / Central			126	0,63	—	—	—	
	Восточная / Eastern			53	0,56	—	—	—	
	Западная / Western			20	0,36	—	—	—	
	Оренбургская область Orenburg region	М	10–59	438	—	0,817 [0,478; 1,751]	—	—	[49]
		Ж / F							
	Районы Оренбургской области: Districts of the Orenburg region:	—	—	250	0,9	—	—	—	[50]
		М							
	Сакмарский / Sakmarsky	—	22–50	1049	1,4	0,45 — —	0,008	7,41	[51]
		Ж / F							
	Сорочинский / Sorochinsky	—			0,009	—	—	—	
	Соль-Илецкий / Sol-Iletsky	—			0,16	—	—	—	
	Кваркенский / Kvarkensky	—			0,49	—	—	—	
	Светлинский / Svetlinsky	—			6,54	—	—	—	

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Мини- мальное Minimum	Макси- мальное Maximum	Источник References
Зоны Оренбургской области: Zones of the Orenburg region:									
	Западная / Western	—	—	420	—	—	—	—	[51]
		М Ж / F	—	—	1,21 0,88	—	—	—	
	Центральная / Central	М Ж / F	—	—	0,87 0,83	—	—	—	
		М Ж / F	—	—	2,68 2,24	—	—	—	
	Магадан / Magadan	М Ж / F	17–23	30	—	0,23 [0,10; 0,97]	—	—	[52]
		—	17–37	—	—	—	—	—	[53, 54]
	европейцы / Europeans	М Ж / F	—	200	—	0,44 [0,22; 0,89] 0,18 [0,09; 0,34]	—	—	
		М Ж / F	—	55	—	0,38 [0,28; 0,50] 0,19 [0,28; 0,40]	—	—	
	метисы / metis	М Ж / F	—	75	—	0,54 0,16	—	—	
		—	80	25	—	0,33 [0,16; 1,01]	—	—	[73]
	Архангельск / Arkhangelsk	—	87	25	—	0,22 [0,14; 0,51]	—	—	
		М Ж / F	29–89	69	0,38	—	—	—	[74]
	Магадан / Magadan	М Ж / F	20,26	29	—	0,23 [0,10; 0,97] 0,17 [0,09; 0,54]	—	—	[55]
		М Ж / F	19,1	31	—	0,22 [0,13; 0,34]	—	—	
	Петрозаводск / Petrozavodsk	М Ж / F	21,47	25	—	0,17 [0,11; 0,33]	—	—	
		—	—	22	—	0,20 [0,09; 0,45]	—	—	

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Минимальное Minimum	Максимальное Maximum	Источник References
ААС ИСП-МС	Сургут / Surgut	—	15–55	350	—	— [0,29; 1,41]	—	—	[63]
	Омск / Omsk	—	15–55	385	—	— [0,17; 1,07]	—	—	
	Ханты-Мансийский автономный округ: Khanty-Mansi autonomous okrug:	—	—	—	—	—	—	—	[36] [57]
	водители и работники АЗС drivers and gas station workers	М Ж / F	18–60	348 863	1,04 0,67	0,63 0,26 1,15 0,52 0,25 0,70	—	—	
	служащие employees	М Ж / F	40,8 38,7	45 78	1,23 0,52	0,32 2,1 0,31 0,63	—	—	
	Южно-Сахалинск Yuzhno-Sakhalinsk	М Ж / F	51 51	67 186	—	0,909 [0,408; 1,682] 0,278 [0,141; 0,562]	—	—	[75]
	Уфа / Ufa	—	—	224	0,77	—	—	—	[76]
	Республика Бурятия Republic of Buryatia	М Ж / F	25–50	28 102	1,41 0,57	0,96 [0,32; 2,08] 0,33 [0,22; 0,61]	—	—	[61]
	Киров / Kirov	М Ж / F	22—50	73 222	1,81 —	0,57 [0,34; 2,10] 0,34 [0,18; 0,69]	—	—	[59]
	Анадырь: / Anadyr:	—	—	—	—	—	—	—	[60]
	аборигены / indigenous people	—	17,8	12	—	0,187 [0,131; 0,291]	—	—	
	европейцы / Europeans	—	16,9	12	—	0,122 [0,104; 0,218]	—	—	
	Регионы Якутии: Regions of Yakutia:	Ж / F	—	—	—	—	—	—	[42]
	Арктический / Arctic			61	3,82	—	—	—	
	Западный / West			120	1,45	—	—	—	
	Южный / Southern			151	0,43	—	—	—	
	Центральный / Central			121	1,52	—	—	—	
	город Якутск / city of Yakutsk			102	0,08	—	—	—	

Продолжение Приложения 1 / Continuation of the Supplement 1

Метод анализа Assessment method	Регион / город Region / city	Пол Gender	Возраст, лет/ среднее значение Age, years/ mean age	Количество образцов Number of samples	Среднее арифметическое Arithmetic mean	Me [Q1; Q3]	Мини- мальное Minimum	Макси- мальное Maximum	Источник References
	Республика Карелия Republic of Karelia	М	20–25	22	0,469	—	—	—	[77]
		Ж / F		23	0,304	—	—	—	
		М	>60	12	1,994	—	—	—	
		Ж / F		43	0,726	—	—	—	
	Республика Карелия Republic of Karelia	—	19–25	50	—	0,185 [0,09; 0,45]	—	—	[78]
			60–87	57	—	0,297 [0,185; 1,1]	—	—	
		—	Все возраста	638	—	— 0,38 1,40	—	—	[79]
			18–29		0,75	—	—	—	
	Челябинск Chelyabinsk		30–39		1,85	—	—	—	
			40–49		2,23	—	—	—	
			50–59		2,36	—	—	—	
			>60		2,39	—	—	—	
ИСП-МС	Томская область Tomsk region	—	—	32	1,91	—	—	—	[31]
	Кемеровская область Kemerovo region	—		23	2,09	—	—	—	
	Читинский район Chita district	—		5	4,35	—	—	—	
	ЯНАО — Ямало-Ненецкий автономный округ.								