

## Содержание кадмия и свинца в твердой и мелкодисперсной фазах снега и волосах населения Горного Алтая

Е.А. Чанчаева, В.С. Лапин

*Горно-Алтайский государственный университет  
649000, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1*

### Резюме

Для создания систематизированной базы данных о присутствии металлов в окружающей среде и организме человека необходимо проводить локальные исследования в разных регионах Российской Федерации. Комплексный анализ содержания кадмия и свинца в разных ценоотических звеньях, включая организм человека, в Республике Алтай не проводился. Цель исследования – выявить уровень накопления свинца и кадмия в твердой и мелкодисперсной фазах снега и волосах населения Горно-Алтайска. **Материал и методы.** Атомно-абсорбционным методом оценивали содержание свинца и кадмия в снеговом осадке, снеговой воде и в волосах населения Горно-Алтайска. Образцы снега взяты в районах десяти центральных угольных котельных, образцы волос – у 122 добровольцев, постоянно проживающих в городе. **Результаты.** Концентрация металлов в снеговой воде превышала предельно допустимые концентрации: по кадмию (0,004–0,008 мг/кг) – в 3,8–8,2 раза, по свинцу (0,008–0,469 мг/кг) – в 2–15,6 раза. В твердых фазах снега содержание металлов было больше допустимого уровня примерно в 3 раза. Среднее значение концентрации кадмия в волосах населения составило 0,16 мг/кг, что не превышало общероссийский референсный показатель (0,25 мг/кг), доля превышения среди населения составила 6,5 %. Содержание свинца (3,18 мг/кг) примерно соответствовало общероссийским значениям (3,0 мг/кг), превышение выявлено у 43 % населения. **Заключение.** В результате широкого использования твердого топлива увеличивается присутствие кадмия и свинца в окружающей среде, что подтверждается накоплением этих металлов в снеговом покрове и аккумулярованием анализируемых микроэлементов в волосах населения Горно-Алтайска.

**Ключевые слова:** кадмий, свинец, снег, волосы, Горно-Алтайск.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Автор для переписки:** Чанчаева Е.А., e-mail: chan.73@mail.ru

**Для цитирования:** Чанчаева Е.А., Лапин В.С. Содержание кадмия и свинца в твердой и мелкодисперсной фазах снега и волосах населения Горного Алтая. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2022;42(4):114–120. doi: 10.18699/SSMJ202204012

## The concentration of cadmium and lead in the solid and finely dispersed phases of snow and hair of the population of Gorny Altai

Е.А. Chanchaeva, V.S. Lapin

*Gorno-Altai State University  
649000, Gorno-Altai, Lenkin str., 1*

### Abstract

To create a systematic database on the presence of metals in the environment and the human body, it is necessary to conduct local studies in different regions of the Russian Federation. A comprehensive analysis of the content of cadmium and lead in different coenotic links, including the human body, has not been carried out in the Altai Republic. The aim of the study was to reveal the level of lead and cadmium accumulation in the solid and finely dispersed phases of snow

and hair of the population of Gorno-Altai. **Material and methods.** The content of lead and cadmium in the snow and hair of the population of Gorno-Altai was estimated by the atomic absorption method. Snow samples were taken in the areas of 10 central coal boilers, hair samples were taken from 122 volunteers permanently residing in the city. **Results.** The concentration of metals in snow water exceeded the maximum allowable concentrations: for cadmium (0.004–0.008 mg/kg) by 3.8–8.2 times; for lead (0.008–0.469 mg/kg) by 2–15.6 times. In the solid phases of snow, the content of metals exceeded the permissible level by about 3 times. The average value of the concentration of cadmium in the hair of the population was 0.16 mg/kg, which did not exceed the all-Russian reference value (0.25 mg/kg), the proportion of excess among the population was 6.5 %. The lead content (3.18 mg/kg) approximately corresponded to the all-Russian values (3.0 mg/kg), the excess was found among 43 % of the population. **Conclusion.** As a result of the widespread use of solid fuels, the presence of cadmium and lead in the environment increases, which is confirmed by the accumulation of these metals in the snow cover and the accumulation of the analyzed microelements in the hair of the population of Gorno-Altai.

**Key words:** cadmium, lead, snow, hair, Gorno-Altai.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Correspondence author:** Chanchaeva E.A., e-mail: chan.73@mail.ru

**Citation:** Chanchaeva E.A., Lapin V.S. The concentration of cadmium and lead in the solid and finely dispersed phases of snow and hair of the population of Gorny Altai. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2022;42(4):114–120. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ202204012

## Введение

Антропогенная деятельность приводит к существенным трансформациям в окружающей среде по многим металлам, в абсорбционной цепи миграция этих веществ через различные звенья аэриобиогеоценоза замыкается на уровне накопления в различных тканях животных и человека [1]. Кадмий и свинец относятся к числу металлов первого класса токсичности. Их широкое распространение в окружающей среде объясняется выбросами от сжигания жидкого и твердого топлива [2, 3], бытовых отходов [4], от продуктов износа автомобильного транспорта [5], строительных и электробытовых материалов [6, 7]. Указанные источники выбросов кадмия и свинца универсальны как для больших, так и для малых городов, поэтому необходима локальная оценка их присутствия в окружающей среде всех субъектов Российской Федерации. Картирование данных регионов России позволит систематизировать результаты исследований и провести обобщенный анализ степени экологических рисков.

О присутствии металлов в окружающей среде можно судить по их содержанию в природных адсорбентах, например в снеговом покрове, при этом анализу подвергают снеговой осадок (твердая фаза) и снеготалую воду (мелкодисперсная фаза).

Накопление микроэлементов в организме человека во многих исследованиях определяют по их содержанию в волосах. Такие исследования проводятся во многих регионах России. Так, концентрация кадмия и свинца в волосах населения составляет: в Оренбургской области – 0,097

и 1,17 мг/кг [8], в Ханты-Мансийском автономном округе – 0,05 и 1,04 мг/кг [1], в Московской области – 0,034 и 1,04 мг/кг [9], в Кемеровской области – 0,09 и 2,09 мг/кг [10], в Томской области – 0,13 и 1,91 мг/кг [10] соответственно. Для создания систематизированной базы данных о присутствии металлов в окружающей среде и организме человека необходимо проводить локальные исследования в разных регионах Российской Федерации. Комплексный анализ содержания кадмия и свинца в разных ценологических звеньях, включая организм человека, в Республике Алтай не проводился.

Цель исследования – выявить уровень накопления свинца и кадмия в твердой и мелкодисперсной фазах снега и волосах населения Горно-Алтайска.

## Материал и методы

В долине р. Маймы, где расположен Горно-Алтайск, метеорологический показатель самоочищения атмосферы свидетельствует о процессах, способствующих накоплению примесей в атмосфере. Это обусловлено особенностями горного рельефа, котловинообразным расширением долины и незначительными перепадами высот при существенной повторяемости антициклональной погоды. Общая площадь города составляет 95,5 км<sup>2</sup>, при этом промышленная и демографическая (64,5 тыс.) нагрузка низкая. Для обследуемого полигона актуальна проблема использования твердого топлива для теплоэлектростанций центральных систем (ТЭС) (10 из 30 функционирующих систем работают на камен-

ном угле) и частных отопительных систем, а также стремительного роста транспортной нагрузки.

Определяли концентрацию кадмия и свинца в снеговой воде и снеговом осадке, в волосах населения города Горно-Алтайска. Применяли одномоментный метод поперечных срезов. Работы выполнялась в следующей последовательности: 1) забор образцов снега в районах всех центральных угольных котельных города, лабораторный анализ содержания кадмия и свинца в снеговой воде и снеговом осадке; 2) забор образцов волос у населения Горно-Алтайска, пробоподготовка и анализ концентрации микроэлементов в растворах волос.

Забор образцов снега производили в феврале–марте 2021 г. в районах десяти центральных угольных котельных (рисунок). Образцы снега отбирали методом шурфа на всю глубину снегового покрова, за исключением 5 см слоя над почвой; пробы снега (10–15 кг) помещали в полиэтиленовые пакеты (30 л) для доставки в лабораторию.

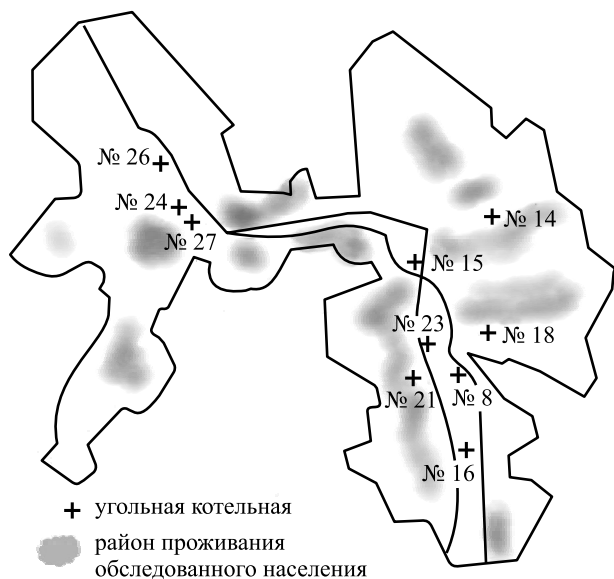
В лаборатории пробы снега в течение суток растапливали в пластиковых контейнерах, часть чистой отстоянной воды (5–6 л) сливали, другую часть отфильтровывали через беззольные фильтры («синяя лента»). Снеготалую воду консервировали из расчета на 1 л воды 3 мл концентрированной азотной кислоты марки «ос. ч.». Твердые фазы снега (ТЧ) просушивали на фильтре, просеивали через сито (диаметр ячейки 1 мм) и взвешивали, затем разлагали методом автоклавной минерализации. Концентрацию кадмия и свинца в ТЧ и снеготалой воде определяли атомно-абсорбционным методом («Квант-2», Россия). Результаты анализа сравнивали с предельно допустимой концентрацией (ПДК) [11]: содержание металлов в мелкодисперсной фазе – с ПДК в природной воде (0,001 мг/л для кадмия и 0,03 мг/л для свинца), содержание меди в снеговом осадке – с ПДК в почве (2,0 мг/кг для кадмия и 32,0 мг/кг для свинца) [11].

Для определения концентрации кадмия и свинца в волосах жителей города Горно-Алтайска было получено согласие от 122 практически здоровых добровольцев и их законных представителей 4–50 лет, постоянно проживающих в городе. К критериям включения относили отсутствие приема лекарственных препаратов и витаминно-минеральных комплексов, симптомов болезни в острой форме, вредной привычки табакокурения, воздействия химическими средствами на натуральное состояние волос. При заборе образцов волос использовали нетравматичный неинвазивный метод, не требующий одобрения Этического комитета. Для подготовки к анализу растворов образцов волос применяли метод мокрого озоления [12]. Для определения содержания кадмия и свинца в анализируемых растворах использовали атомно-адсорбционный метод («Квант-2»). Индивидуальные показатели сравнивали с общероссийскими референсными значениями, составляющими 0,25 мг/кг для кадмия и 3,0 мг/кг для свинца [13].

Данные химического анализа представлены в виде среднего арифметического, медианы и квартилей (Me [Q1; Q3]), минимальных и максимальных значений.

## Результаты

Из представленных в табл. 1 данных видно, что концентрация кадмия и свинца в снеготалой воде и твердых фазах снега представляет опасность для человека. Содержание кадмия в твердых фазах снега больше ПДК в 1,2–3,1 раза, данное превышение выявлено в пяти образцах, взятых в районах котельных № 16, 8, 21, 15, 26. Еще большую опасность представляет собой мелкодисперсное состояние кадмия в снеговой воде. Во всех образцах снеговой воды концентрация металла превышала ПДК в 3,8–8,2 раза. Содержание свинца в твердой фазе больше ПДК в среднем более чем в 3 раза; лишь в трех образцах снеговой воды из десяти оно не представляет опасности, в остальных превышает ПДК в 2–15,6 раза (см. табл. 1).



Расположение угольных котельных и проживания обследованного населения в черте города Горно-Алтайска

Location of coal-fired boiler houses and residence of the surveyed population within the city of Gorno-Altaysk

**Таблица 1.** Содержание кадмия и свинца в твердой и мелкодисперсной фазах снега г. Горно-Алтайска, мг/кг

**Table 1.** Lead and cadmium content in snow-melted water and solid phases of snow of Gorno-Altaiisk, mg/kg

№ котельной	Место взятия пробы	Свинец		Кадмий	
		Снеговой осадок (ПДК в почве 32 мг/кг)	Снеговая вода (ПДК в природных водах 0,03 мг/л)	Снеговой осадок (ПДК в почве 2,0 мг/кг)	Снеговая вода (ПДК в природных водах 0,001 мг/л)
16	ул. Ленина, 239	186,76	0,026	2,4383	0,00819
8	ул. Барнаульская, 8	104,15	0,030	6,1703	0,00816
21	ул. Толстого, 72	156,77	0,059	2,4099	0,00565
23	ул. Олонского, 8/1	38,67	0,469	0,3784	0,00628
18	ул. Лисавенко, 1	135,06	0,111	1,7858	0,00591
14	ул. Островского, 30	96,19	0,065	0,8349	0,00395
15	ул. Социалистическая, 21/1	12,05	0,054	2,5091	0,00468
27	пр. Коммунистический, 87	49,18	0,316	1,2300	0,00381
24	ул. Маресьева, 6/1	127,11	0,008	1,2647	0,00501
26	пр. Коммунистический, 109	139,40	0,049	3,9500	0,0039
	Среднее значение	104,534	0,119	2,2971	0,0056

Данные о концентрации свинца и кадмия в волосах жителей Горно-Алтайска представлены в табл. 2. В среднем содержание обоих металлов соответствовало общероссийским референсным значениям. В концентрациях, значительно их превышающих, свинец содержался в волосах 43 % жителей Горно-Алтайска (более 6 мг/кг), кадмий – в волосах 6,5 % населения (более 0,35 мг/кг).

Таким образом, концентрация кадмия и свинца в снеговом покрове в районах угольных котельных Горно-Алтайска превышает ПДК. Накопление микроэлементов в волосах населения в основном приближено к общероссийским значениям, доля жителей с концентрацией, выходящей за рамки референсного уровня, по кадмию составила 6,5 %, по свинцу – 43 %.

### Обсуждение

По данным Агентства по охране окружающей среды США [14], кадмий и свинец наряду с мышьяком, ртутью и хромом из-за высокой токсичности входят в число приоритетных металлов, имеющих значение для общественного здравоохранения. В исследованиях сообщается, что в ре-

зультате присутствия этих металлов в высоких концентрациях запускаются механизмы образования активных форм кислорода, развития окислительного стресса и, как следствие, процессы канцерогенеза и апоптоза.

В литературе свинец описывается как наиболее опасный поллютант, широко распространенный в окружающей среде в результате антропогенной деятельности [15]. Во внутреннюю среду организма он может проникать с пищей, водой, с вдыхаемым воздухом и через неповрежденную кожу [13, 16]. Токсичные дозы свинца угнетают почечную, гемопоэтическую и нервную системы, присутствие свинца в организме в повышенных концентрациях связывают с дефицитом когнитивных функций. В основе его нейротоксичности лежат процессы нарушения синтеза белка в межнейрональных контактах и синаптической передачи сигналов. В сложных механизмах синергизма и антагонизма макро- и микроэлементов доказано свойство свинца уменьшать концентрацию кальция, цинка и селена – элементов, важных для функционирования иммунной системы. Свинец подавляет иммунорегуляторную ак-

**Таблица 2.** Концентрация кадмия и свинца в волосах населения Горно-Алтайска, мг/кг

**Table 1.** The concentration of cadmium and lead in the hair of the population of Gorno-Altaiisk, mg/kg

Микроэлемент	Среднее значение	Me [Q1; Q3]	Минимальное значение	Максимальное значение	Общероссийское референсное значение
Pb	3,18 ± 0,30	2,04 [0,82; 5,20]	0,001	21,60	3,0
Cd	0,16 ± 0,01	0,14 [0,046; 0,270]	0,001	0,35	0,25

тивность лимфоцитов, вызывает гиперсекрецию тиреотропного и лютеинизирующего гормонов [13]. Если он поступает в организм с вдыхаемым воздухом, то абсорбция возможна во всех отделах дыхательной системы. При ингаляционном поступлении микроэлемент преимущественно аккумулируется в печени и легких. Другие пути поступления свинца (с пищей, водой, через кожу) во внутреннюю среду организма и его накопление приводят к значительной аккумуляции в костной ткани, а для выведения свинца из организма требуется длительное время [13, 14, 17, 18].

Кадмий, как и свинец, проникает в организм человека с пищей, водой и со вдыхаемым воздухом, при этом алиментарный путь является приоритетным для аккумуляции кадмия в различных тканях [17–20]. Концентрация кадмия в питьевой воде центральных систем водоснабжения является одним из критериев, определяющих пригодность к ее употреблению, поэтому системный мониторинг качества питьевой воды и мероприятия по ее очистке от различных загрязнителей исключают вероятность поступления кадмия данным способом. Свое широкое распространение в окружающей среде этот токсичный микроэлемент получает в результате использования его соединений для производства кадмийфосфатных удобрений, сжигания ископаемого топлива, бытовых отходов. Непрофессиональное воздействие кадмия возможно при табакокурении, употреблении продовольственных культур, выращенных на почвах, содержащих этот металл, продуктов животного происхождения, аккумулирующих токсикант [21].

В литературе описан механизм развития кадмиевой нефротоксичности, тропизм к эндотелию сосудов [13, 17, 20, 21]. В организме животных и человека кадмий в основном аккумулируется в корковом веществе почек, поражая трубчатую систему. На уровне нефрона описан следующий механизм нарушения кальциевой реабсорбции при кадмиозе. В проксимальном отделе извитого канальца кадмий блокирует кальциевые каналы эпителия, что приводит к гиперкальциурии. Учитывая тот факт, что 98 %  $\text{Ca}^{2+}$  в процессе мочеобразования реабсорбируется в кровь, становятся понятны масштабы потерь макроэлемента при кадмиевом повреждении почек. Впоследствии при кадмиозе на фоне дефицита  $\text{Ca}^{2+}$  развивается  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимая артериальная гипертензия. Предполагается, что внутриклеточный механизм увеличения содержания свободного  $\text{Ca}^{2+}$  в гладкомышечных клетках кровеносных сосудов также связан с вытеснением макроэлемента из саркоплазматического ретикула в результате повреждения кадмием  $\text{Ca}^{2+}$ -каналов. Внутрикле-

точный  $\text{Ca}^{2+}$ , как известно, является пусковым стимулом сокращения мышечных клеток, что лежит в основе патогенеза артериальной гипертензии. Кадмиоз сопровождается потерей не только кальция, но и цинка, магния, калия и натрия. Как и при плумбизме, при кадмиозе развивается окислительный стресс и воспаление [20, 21]. Описаны нейротоксические, гематологические и иммунотоксические эффекты кадмия [13, 17, 20, 21]. Таким образом, пролонгированное кумулирование кадмия в тканях запускает механизмы развития многих заболеваний, этиология которых в клинической медицине зачастую сложна для анализа.

Крайне низкая способность организма удалять кадмий через почки объясняется отсутствием его активного транспорта через мембрану клеток, т.е. секреция металла в ультрафильтрат не происходит, более того, отфильтрованный в первичную мочу кадмий подвергается обратному транспорту в кровь [13, 17, 20, 21]. Токсичность кадмия проявляется даже при малых концентрациях, поэтому биологически допустимый уровень микроэлемента в тканях человека во много раз меньше, чем многих других металлов.

## Заключение

Несмотря на проводимые мероприятия по снижению использования каменного угля в качестве источника энергии, на сегодняшний день выбросы в атмосферный воздух от сжигания ископаемого топлива по-прежнему составляют значительную долю от общего объема загрязнителей. Использование природного газа для ТЭЦ, отопительных систем частного сектора, а также двигателей внутреннего сгорания, по всей видимости, позволит снизить круговорот многих тяжелых металлов, к которым относятся кадмий и свинец.

В результате проведения настоящего исследования установлено, что даже в условиях малого города с низкой промышленной и демографической нагрузкой широкое использование твердого топлива создает высокий потенциальный риск поступления кадмия и свинца в окружающую среду, что подтверждается накоплением этих металлов в снеговом покрове и аккумуляцией анализируемых микроэлементов в матриксе волос постоянных жителей Горно-Алтайска.

## Список литературы / References

1. Корчина Т.Я., Корчин В.И., Сухарева А.С., Сафарова О.А., Черепанова К.А., Богданович А.Б., Шарифов М.И., Нехороших С.С. Элементный статус взрослых некоренных жителей Ханты-Мансийского

- автономного округа. *Экол. человека*. 2019;10:33–40. doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-33-40
- Korchina T.Ya., Korchin V.I., Sukhareva A.S., Safarova O.A., Cherepanova K.A., Bogdanovich A.B., Sharifov M.I., Nekhoroshikh S.S. Elemental status of adult non-indigenous population of Khanty-Mansi Autonomous region. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2019;10:33–40. [In Russian]. doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-33-40
2. Wang M., Chen Z., Song W., Hong D., Huang L., Li Y. A review on cadmium exposure in the population and intervention strategies against cadmium toxicity. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 2021;(106):65–74. doi: 10.1007/s00128-020-03088-1
3. Wang S., Kaur M., Li T., Pan F. Effect of different pollution parameters and chemical components of PM<sub>2.5</sub> on health of residents of Xinxiang City, China. *Int J Environ. Res. Public Health*. 2021;18(13):6821. doi:10.3390/ijerph18136821
4. Gao X., Ji B., Yan D., Huang Q., Zhu X. 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
5. Kazimirova A., Peikertova P., Barancokova M., Staruchova M., Tulinska J., Vaculik M., Vavra I., Kuktshova J., Filip P., Dusinska M. 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
6. di Ciaula A. Bioaccumulation of toxic metals in children exposed to urban pollution and to cement plant emissions. *Expo Health*. 2021;13(4): 681–695. doi: 10.1007/s12403-021-00412-w
7. Akram R., Natasha F.S., Hashmi M.Z., Wahid A., Adnan M., Mubeen M. Khan N., Rehmani M.I.A., ... Nasim W. Trends of electronic waste pollution and its impact on the global environment and ecosystem. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2019;26(17):16923–16938. doi: 10.1007/s11356-019-04998-2
8. Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Скальный А.В. Микроэлементный статус населения Оренбургской области. *Экол. человека*. 2019;(1):10–14.
- Salnikova E.V., Burtseva T.I., Skalny A.V. Microelement status of the Orenburg region population. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2019;(1):10–14. [In Russian].
9. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A., Serebryansky E.P., Demidov V.A., Lobanova Yu.N., Grabeklis A.R., Berezkina E.S., Gryazeva I.V., Skalny A.A., Nikonov A.A. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2015;40(1): 8–21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004
10. Байкенова Г.Е., Барановская Н.В., Какабаев А.А., Берсимбаев Р.И., Корогод Н.П., Наркович Д.В., Куровская В.В. Индикаторные показания состояния экосистем в элементном составе волос жителей районов Северного Казахстана. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021; 332(7):148–158. doi: 10.18799/24131830/2021/7/3278
- Baikenova G.E., Baranovskaya N.V., Kakabaev A.A., Bersimbaev R.I., Korogod N.P., Narkovich D.V., Kurovskaya V.V. Indicators of the state of the ecosystems based on the hair compositions of the northern Kazakhstan residents. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov = Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Design of Geological Resources*. 2021;7(332):148–158. [In Russian]. doi: 10.18799/24131830/2021/7/3278
11. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». М., 2021. 75 с.
- SanPiN 2.1.3684-21 “Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures”. Moscow, 2021. 75 p. [In Russian].
12. 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. *Экол. человека*. 2020;12:11–17. doi: 10.33396/1728-0869-2020-12-11-17
- Chancaeva E.A., Lapin V.S., Kuznetsova O.V., Kurilenko T.K., Aizman R.I. Concentration of heavy metals in animal hair in an urban setting in the Altay Republic. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2020;12:11–17. [In Russian]. doi: 10.33396/1728-0869-2020-12-11-17.
13. 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: RUDN, 2019. 339 p. [In Russian].
14. Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy metals toxicity and the environment. *Exp. Suppl.* 2012;101:133–164. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4\_6
15. Adepoju-Bello A., Oguntibeju O., Adebisi R., Okpala N., Coker B. Evaluation of the concentration of toxic metals in cosmetic products in Nigeria. *Afr. J.*

*Biotechnol.* 2012;11(97): 16360–16364. doi: 10.5897/AJB12.1411

16. Зайцева Н.В., Ланин Д.В., Черешнев В.А. Иммуная и нейроэндокринная регуляция в условиях воздействия химических факторов различного генеза. Пермь: ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 2016. 236 с.

Zaitseva N.V., Lanin D.V., Chereshev V.A. Immune and neuroendocrine regulation under the influence of chemical factors of various genesis. Perm : Federal Research Center for Medical and Preventive Technologies of Public Health Risk Management», 216. 236 с. [In Russian].

17. Genchi G., Sinicropi M.S., Lauria G., Carocci A., Catalano A. The effects of cadmium toxicity. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020;17(11):3782. doi: 10.3390/ijerph17113782

18. Казимов М.А., Алиева Н.В. Изучение и гигиеническая оценка риска для здоровья от присутствия тяжелых металлов в продуктах питания. *Казан. мед. ж.* 2014;95(5):706–709.

Kazimov M.A., Alieva N.V. Examination and hygienic assessment of health risk depending on heavy metals content in foods. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal = Kazan Medical Journal.* 2014;95(5):706–709. [In Russian].

19. Rahimzadeh M.R., Rahimzadeh M.R., Kazemi S., Moghadamnia A.A. Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian J. Intern. Med.* 2017;8(3):135–145. doi: 10.22088/cjim.8.3.135

20. Mu W., Chen Y., Liu Y., Pan X., Fan Y. Toxicological effects of cadmium and lead on two freshwater diatoms. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2018;59:152–162. doi: 10.1016/j.etap.2018.03.013

21. Островская С.С. Токсические эффекты кадмия. *Висн. пробл. биол. і мед.* 2014;111(2):33–38.

Ostrovskaya S.S. Toxic effects of cadmium (literature review). *Visnik problem biologii i meditsini = Bulletin of problems in biology and medicine.* 2014;111(2):33–38. [In Russian].

#### **Сведения об авторах:**

**Елена Анатольевна Чанчаева**, д.б.н., ORCID: 0000-0001-5281-1145, e-mail: chan.73@mail.ru

**Виталий Сергеевич Лапин**, ORCID: 0000-0003-3351-2056, e-mail: wit.lapin@mail.ru

#### **Information about the authors:**

**Elena A. Chanchaeva**, doctor of biological sciences, ORCID: 0000-0001-5281-1145, e-mail: chan.73@mail.ru

**Vitali S. Lapin**, ORCID: 0000-0003-3351-2056, e-mail: wit.lapin@mail.ru

*Поступила в редакцию 03.04.2022*

*После доработки 14.06.2022*

*Принята к публикации 26.06.2022*

*Received 03.04.2022*

*Revision received 14.06.2022*

*Accepted 26.06.2022*