

Содержание тяжелых металлов в пробах мочи жителей объединенной общины Ахтала в горнодобывающем районе Лорийского марза, Армения

Автор: Мирослав Шута

Соавторы: Валерия Гречко, Йитка Стракова



TRANSITION





Содержание тяжелых металлов в пробах мочи жителей объединенной общины Ахтала в горнодобывающем районе Лорийского марза, Армения

Автор: Мирослав Шута

Соавторы: Валерия Гречко, Йитка Стракова

Этот отчет был подготовлен и опубликован в рамках проекта «За чистое развитие Туманянского района» при финансовой поддержке Министерства иностранных дел Чешской Республики в рамках Программы по содействию в преобразованиях. Данная публикация была осуществлена также благодаря поддержке фонда Global Greengrants (GGF).

Проект был реализован Программой по токсичным веществам и отходам - Arnika, базирующейся в Праге, Чешская Республика, общественной организацией «Центр общинной мобилизации и содействия» (CCMS), базирующейся в Алаверди, Армения, и информационной общественной организацией «ЭкоЛур» (EcoLur), базирующейся в Ереване, Армения.

Содержание данной публикации не отражает официальную точку зрения Министерства иностранных дел Чешской Республики или любого из учреждений, предоставляющего финансовую поддержку. Ответственность за содержание на себя полностью берут авторы исследования.

Arnika – Программа по токсичным веществам и отходам
ул. Делница 13, CZ 170 000, Прага 7, Чешская республика
Тел.: + 420 774 406 825

НПО «Центр общинной мобилизации и содействия» (CCMS)

Саят Нова 14/35, Алаверди, Армения

Тел.: +374 98 935053

Информационная НПО «ЭкоЛур» (EcoLur) – ул. Анрапетунян, 49/2, Ереван, Армения

Тел.: + 374 91921264

Графический дизайн: Павел Ялошевски



TRANSITION







Аннотация

Данное исследование посвящено определению тяжелых металлов (мышьяка, меди, никеля, кадмия, свинца) в образцах мочи местных жителей, проживающих в окрестностях Наатакского хвостохранилища, расположенного в Лорийском марзе Республики Армения. Отбор проб в интересующей области проводился в населенных пунктах Мец Айрум, Покр Айрум и Чочкан, а также в контрольном сообществе в экологически более благополучном Тавушском марзе. В предыдущих исследованиях оценка риска по результатам анализов почвы были показаны повышенные риски для здоровья, из-за высокого содержания мышьяка, кадмия и никеля. В рамках этого исследования было отобрано 73 пробы - 62 проб из общин воздействия, 11 проб из контрольной территории.

Полученные результаты были сравнены с результатами биомониторинга, отраженными в научных исследованиях, проведенных в США, Чехии и Германии (см. ссылки на публикации). Результаты анализов нашего исследования показали присутствие мышьяка во всех образцах мочи в диапазоне значений от 6 до 58 мкг/г креатинина. Самые высокие значения были зарегистрированы у детей, проживающих в общинах воздействия хвостохранилища.

Еще одним элементом, превышающим значения контрольной группы, является кадмий. Количество кадмия достигало значений до 1 мкг/г креатинина. Результаты подтверждают итоги предыдущих исследований касательно повышенного уровня риска.

Медь с диапазоном значений от 5 до 28 мкг/г креатинина и свинец - от 1 до 8 мкг/г креатинина, были определены в меньшем количестве образцов. Высшие значения содержания этих элементов были зафиксированы в потенциально загрязненной местности. Количество никеля в моче во всех образцах было ниже предела обнаружения.

Таким образом наши результаты подтверждают повышенные риски содержания мышьяка и кадмия в исследуемой территории, особенно среди детского населения. Для более детального исследования рекомендуется определить количество загрязнений в других тканях жителей провинции Лори.

Оглавление

Аннотация	6
Введение	8
1. Выбранный регион	10
2. Контролируемые металлы / загрязнители	11
↘ а. Мышьяк	11
↘ б. Кадмий	12
↘ с. Медь	14
↘ d. Свинец	15
↘ е. Никель	16
3. Отбор проб и анализ	18
4. Результаты и дискуссия	20
↘ а. Мышьяк	20
↘ б. Кадмий	26
↘ с. Медь	28
↘ d. Свинец	30
↘ е. Никель	32
5. Выводы	33
6. Приложение	34

Введение

Арника, в сотрудничестве с армянскими партнерскими организациями «Центр общинной мобилизации и содействия» (CCMS) и информационной НПО «ЭкоЛур» (EcoLur), с 2018 года проводит скрининг на предмет загрязнения окружающей среды вредными промышленными веществами в северном Лорийском марзе Армении¹. Кульминацией данного сотрудничества является текущая оценка потенциального воздействия загрязнения тяжелыми металлами на здоровье человека, с использованием неинвазивных методов биомониторинга.

Данное исследование основывается на предшествующих работах, доказавших загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, вызванное добычей и переработкой металлических руд. В работах было указано содержание опасных веществ в водных экосистемах², и определены потенциальные риски для здоровья, связанные с химическим загрязнением территорий, оказавшихся под воздействием горнодобывающей и металлургической промышленности³.

В 2018 году были отобраны пробы почвы, речных отложений, песка с детских площадок и человеческих волос в районе промышленных объектов в Алаверди, Ахтале и Тегуте в бассейне реки Дебед. Пробы были проанализированы на наличие тяжелых металлов, таких как мышьяк, кадмий, хром, медь, молибден,

никель, свинец и цинк⁴. Кроме того, в образцах яиц кур свободного выгула было проанализировано содержание отдельных стойких органических загрязнителей (диоксинов, диоксиноподобных ПХД, ГХБ, ГХБД, ГХГ), взятых на двух участках в Алаверди⁵.

В 2019 году была проведена оценка содержания тяжелых металлов - мышьяка, кадмия, меди, молибдена, никеля и свинца, в почве приусадебных участков, где выращивают фрукты и овощи, и где находятся пасеки. Также были взяты образцы человеческих волос в девяти домах, расположенных вблизи промышленных объектов в Алаверди и в Ахтале. Результаты анализов сравнивались с армянскими, голландскими, французскими, чешскими и американскими стандартами загрязнения почвы. В образцах были выявлены повышенные концентрации мышьяка и кадмия, а в некоторых случаях, повышенные концентрации меди, свинца и никеля⁶. Для этих анализов было использовано программное обеспечение RISC (RISC - Интегрированный риск для очистки) для оценки потенциального риска для здоровья с точки зрения возможного воздействия отдельных тяжелых металлов. Полученные результаты выявили повышенный риск для здоровья, особенно, по воздействию мышьяка. В случае мышьяка данное программное обеспечение показало повышенный канцерогенный риск для детей во всех 9 исследованных областях, а для взрослых

¹ Arnika (2018, a): Heavy metals in the surroundings of mining and metallurgical sites in the Lori region in Armenia)

² Gevorgyan et al.: Environmental Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Armenian River Ecosystems: Case Study of Lake Sevan and Debed River Catchment Basins

³ Grigoryan et al.: Risk Factors For children's blood lead levels in metal mining and smelting communities in Armenia: a cross-sectional study, BMC Public Health (2016) 16:945

⁴ Arnika (2018, a): Heavy metals in the surroundings of mining and metallurgical sites in the Lori region in Armenia)

⁵ Arnika (2018, b) Persistent Organic Pollutants (POPs) in Chicken Eggs from Alaverdi, Armenia - Results of sampling conducted in 2018

⁶ Arnika (2019): Heavy metals in soils, Foodstuffs, and human hair in the mining and metallurgical communities of Alaverdi and Akthala, Lori province of Armenia

- в 8 выбранных участках. В двух местах отбора проб был показан повышенный неканцерогенный риск для детей, в случае воздействия мышьяка. В случае кадмия повышенный неканцерогенный риск был определен у детской популяции в одном месте.

Основываясь на результатах анализов за 2018 и 2019 годы, показавших риски загрязнения окружающей среды в регионе, связанных с промышленной деятельностью, в 2020 году

было решено сосредоточить внимание на потенциальном воздействии загрязнения тяжелыми металлами (мышьяка, свинца, кадмия, никеля и меди) на человека. На основании литературных данных⁷⁸⁹ было принято решение использовать неинвазивные методы биомониторинга человека, а именно анализ содержания указанных металлов в моче и других биоматериалах. В данном исследовании приводятся результаты проб мочи.

⁷ Wilhelm et al: Comparison of arsenic level in fingernails with urinary As species as biomarkers of arsenic in residents living close to a coal-burning power plant in Prievidza District, Slovakia, *Journal of Exposure, Analysis and Environmental Epidemiology* 2015, 15, 89-98

⁸ Cottingham et al: Diet and toenail arsenic concentrations in a New Hampshire population with arsenic-containing water, *Nutrition Journal* 2013, 12:149

⁹ Rasheed et al. Human health risk assessment for arsenic: a critical review, *Critical Reviews in Environmental Sciences and Technology*, 2016, 14: 19-20, 1529-1583

1. Выбранный регион

Согласно проведенным исследованиям 2018 и 2019 гг., были выбраны населенные пункты Чочкан, Мец Айрум, Покр Айрум Лорийской провинции вблизи грузинских границ. В этих населенных пунктах развита горно-металлургическая промышленность. Для сравнения результатов были отобраны контрольные пробы мочи у жителей, проживающих в неотягощенном промышленностью селе Ачаджур в соседней провинции Тавуш. Предыдущий скрининг показал в селе Чочкан высокие концентрации мышьяка в почве. Расчет рисков для здоровья выявил повышенные канцерогенные и неканцерогенные риски воздействия мышьяка для взрослых и для детей¹⁰.

Места отбора проб расположены недалеко от Наатакского хвостохранилища, куда сбрасываются промышленные отходы Ахталинского горно-обогатительного комбината, перерабатывающего медную руду из Шамлухского месторождения. Поблизости находятся два других хвостохранилища, которые в данный момент не используются, однако, вместе с отвалами переработанной руды, размещенными поблизости, являются дополнительным источником загрязнения территории тяжелыми металлами.

Обзор численности потенциально обремененного и контрольного населения представлен в Таб. 1^{11 12}:

Таб. 1 Обзор численности населения

Обзор численности населения		
	Де-юре (чел.)	Де-факто (чел.)
Ачаджур (Тавушский марз, 2008)	4 447	-
Чочкан (Лорийский марз, 2001)	1 907	1 753
Мец Айрум (Лорийский марз, 2001)	638	594
Покр Айрум (Лорийский марз, 2001)	171	166

¹⁰ Arnika (2019): Heavy metals in soils, Foodstuffs, and human hair in the mining and metallurgical communities of Alaverdi and Akhtala, Lori province of Armenia

¹¹ Результаты переписи и учета жилищных условий населения РА 2001г Доступ. по ссылке: <https://www.armstat.am/File/doc/162.pdf>

¹² Marzes of the Republic of Armenia in Figures, 2008 Доступ. по ссылке: https://www.armstat.am/File/article/marz_08_42.pdf

2. Контролируемые металлы / загрязнители

Продолжая предыдущие исследования, проект сосредоточен на определении содержания мышьяка, кадмия, свинца, никеля и меди в моче людей, подвергающихся воздействию горнометаллургической промышленности. На экспозицию этих элементов, помимо их естественного присутствия в природе, может существенно влиять деятельность человека. В случае всех исследуемых элементов горнодобывающая промышленность и металлургия могут быть значительным источником загрязнения окружающей среды.

Общие основные пути экспозиции этих элементов — это вдыхание (в виде паров или мелких частиц) и поглощение, то есть всасывание из пищеварительного тракта, будь то из пищи, питьевой воды или, в результате попадания

земли или пыли, что в особенности характерно для детей. Высокая токсичность элементов, находящихся в окружающей среде, проявляется исключительно в редких случаях (например, соединения мышьяка веками использовались в качестве отравы) и поэтому внимание сосредоточено в основном на их длительном, или хроническом воздействии.

Ограниченные возможности выведения этих элементов из организма, в частности, с мочой и калом, приводит к различной степени кумуляции элементов в живом организме. Таким образом, длительное воздействие даже относительно низких доз некоторых элементов может привести к их накоплению в организме, а впоследствии, к уровню, который оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье¹³.

➤ а. Мышьяк

Мышьяк (As) встречается в природе в нескольких формах, будь то в форме неорганических соединений (особенно сульфидов) или органических соединений. В более высоких концентрациях мышьяк встречается в основном в виде примеси некоторых рудных месторождений, содержащих золото, серебро, свинец, медь, никель, кобальт, сурьму, железо и т. д. Мышьяк также может встречаться в незначительных количествах в некоторых

месторождениях угля, особенно, бурого угля. При сжигании угля, или при добыче и переработке руды происходит значительное загрязнение окружающей среды¹⁴.

Около 140 миллионов человек в мире живут в районах, где естественные выбросы мышьяка в поверхностные, или подземные воды представляют опасность для здоровья населения. Значительным антропогенным источником

¹³ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

¹⁴ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

мышьяка является горнодобывающая и металлургическая промышленность¹⁵.

Соединения мышьяка из почв смываются в реки и водоемы, проникают в сельскохозяйственные растения, в водоросли, рыбы и другие водные организмы, которые являются звеньями пищевых цепей, включающих и человека¹⁶.

Мышьяк и некоторые его свойства были известны человечеству с давних времен, и поэтому влияние мышьяка на здоровье человека хорошо изучено, в том числе, и хроническое воздействие соединений мышьяка¹⁷. В мире есть районы с высоким содержанием мышьяка в почве и воде (например, Бангладеш)¹⁸.

Мышьяк, так же, как и триоксид мышьяка были отнесены Международным агентством по изучению рака (МАИР) к группе 1, как канцерогены для человека¹⁹. Доказательства, касающиеся рака легких и рака мочевого пузыря, считаются достаточными. МАИР считает ограниченными доказательства относительно рака простаты, печени и почек.

Неканцерогенные риски воздействия мышьяка на здоровье связаны с замедлением развития плода, сердечно-сосудистыми заболеваниями, с влиянием на нервно-психическое развитие детей, с влиянием на центральную и периферическую нервную систему²⁰.

➤ b. Кадмий

Кадмий (Cd) – тяжелый металл, по химическим свойствам напоминает цинк, чаще всего встречается в природе со свинцом в металлических рудах в виде сульфидов. Кадмий присутствует в природе в виде ряда органических и неорганических соединений, в небольших концентрациях в почве, воде и воздухе²¹.

Кадмий обычно получают как побочный продукт при добыче и переработке других металлов, таких как свинец, медь или цинк. Его,

в основном, используют для производства батарей, цветных пигментов и покрытий, в гальванике, в качестве стабилизатора - для получения некоторых пластиков. С 2006 года в Европейском союзе использование кадмия, за некоторыми исключениями, было запрещено²².

Крупным источником загрязнения кадмием окружающей среды, помимо горнодобывающей промышленности и металлургии, может

¹⁵ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

¹⁶ Rasheed at al. Human health risk assesment For arsenic: a critical review, Critical Reviews in Environmental Sciences and Technology, 2016, 14? 19-20, 1529-1583

¹⁷ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

¹⁸ M. F. Hossain. Arsenic contamination in Bangladesh—An overview, Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, 113: 1-4, 1-

¹⁹ IARC (2012): Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C

²⁰ EFSA (2009): Scientific Opinion on Arsenic in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA, Parma, Italy

²¹ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

²² Miroslav Šuta: Zákaz některých chemikálií v nových spotřebičích, Odpady, 9/2006

быть сжигание ископаемого топлива, или переработка электронных отходов. В прошлом сельскохозяйственные почвы в Европе были загрязнены привезенными фосфатными удобрениями с высоким содержанием кадмия. По данным Европейской комиссии, кадмий в настоящее время является самым опасным загрязнителем, содержащимся в фосфатных удобрениях²³. Проблемой может стать использование осадка сточных вод в качестве удобрения на сельскохозяйственных землях.

Кадмий обладает способностью накопления в живых организмах, в том числе в организме человека (биоаккумуляция). Международное агентство по изучению рака считает кадмий доказанным канцерогеном для человека (группа 1), который может нарушить наследственную информацию в клетках (генотоксичность) и вызвать повреждение человеческого плода во время внутриутробного развития (тератогенность). По данным МАИР, существует достаточно доказательств по связи кадмия с возникновением рака легких, рака почек и простаты²⁴.

Кадмий также может нарушить функцию почек (нефротоксичность), влияет на нервную систему (нейротоксичность). По данным Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов (EFSA), кадмий может отрицательно влиять на метаболизм костей, (например, остеопороз) и вызвать нарушения гормональной системы²⁵.

Допустимая суточная доза кадмия, рекомендованная EFSA, составляет 2,5 микрограмма на

килограмм массы тела в неделю. Основным источником кадмия для большинства людей является пища. Более половины детей в возрасте от 4 до 6 лет имеют в организме больше кадмия, чем рекомендованная переносимая доза, установленная EFSA²⁶.

Воздействию кадмия подвергаются курильщики, в том числе, и пассивные курильщики. По мнению экспертов, сигаретный дым является в 20 раз более значительным источником кадмия в организме, чем пища²⁷.

Комиссия по биологическому мониторингу Федеративной Республики Германии определила для кадмия и некоторых других металлов биологически релевантные значения на основании результатов токсикологических и эпидемиологических исследований. Эти значения определены по двум показателям. Показатель HBM I (значение I биомониторинга человека) определяет концентрацию, которая не подразумевает рисков для здоровья и не требует последующих действий при условии, что это значение не будет превышено. Показатель HBM II определяет концентрацию, превышение которой содержит значительный риск для здоровья, следовательно, требует вмешательства и дальнейших действий. Концентрации в диапазоне между значениями HBM I и HBM II требуют повышенного внимания и более тщательного мониторинга²⁸. Для детей, подростков и взрослых в возрасте до 25 лет установленный уровень HBM I составляет 1 мкг/г креатинина, а для HBM II - 6 мкг/г креатинина. Для взрослых старше 25 лет установленный уровень HBM I составляет 2 мкг/г креатинина,

²³ SDĚLENÍ KOMISE EVROPSKÉMU PARLAMENTU, RADĚ, EVROPSKÉMU HOSPODÁŘSKÉMU A SOCIÁLNÍMU VÝBORU A VÝBORU REGIONŮ Konzultativní sdělení o udržitelném využívání FosForu. COM/2013/0517 Final

²⁴ IARC (2012): Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C

²⁵ EFSA: Cadmium dietary exposure in the European population, 2012

²⁶ EFSA: Cadmium dietary exposure in the European population, 2012

²⁷ Miroslav Šuta: Kadmium ohrožuje každého desátého Čecha. Nejčastěji děti a kuřáky, Český rozhlas, 2017

²⁸ Schulz et al.: The German Human Biomonitoring Commission, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 210, 2007, 373-382

а для НВМ II – 5 мкг/г креатинина²⁹. Позже значение установленного уровня НВМ I для детей

было пересмотрено и снижено до 0,5 мкг/г креатинина³⁰.

↘ с. Медь

Медь (Cu) встречается в природе в основном, в виде сульфидов, оксидов и карбонатов, в меньшей степени, также в виде чистого металла. Медь используется людьми на протяжении тысяч лет, а добыча и переработка медных руд могут быть значительным источником загрязнения окружающей среды не только медью, но и сопровождающимися металлами, такими как свинец, кадмий, цинк или молибден³¹.

С биологической точки зрения, медь, с одной стороны, является одним из так называемых эссенциальных элементов, которые в небольшом количестве необходимы человеческому организму для его правильного функционирования. С другой стороны, медь потенциально токсична. Национальная справочная лаборатория питьевой воды при Государственном институте здравоохранения Чехии обращает внимание, что в случае меди пределы безопасных и токсичных концентраций находятся очень близко друг к другу³².

В организме человека медь участвует в катализе важных ферментативных процессов, таких как клеточное дыхание и образование нейротрансмиттеров. Медь принимает

участие в свертывании крови и косвенно в кроветворении, благодаря ее роли в управлении запасами железа.

Существуют некоторые разногласия между экспертами, какова суточная норма меди для организма. Согласно большинству рекомендаций, суточная норма составляет около одного миллиграмма меди³³.

Повышенное содержание меди может представлять опасность для здоровья. Острая токсичность меди может привести к различным патологическим состояниям, а в крайних случаях, к смерти. Хроническая токсичность может привести к повреждению печени и серьезным неврологическим нарушениям. Ведутся дискуссии и о том, что переизбыток меди также может играть роль в возникновении болезни Альцгеймера³⁴.

Имеются разногласия по поводу того, обладает ли медь антиоксидантным действием, или нет. Однако большинство доступных научных исследований связывает повышенное воздействие меди с противоположным эффектом, то есть с развитием оксидативного стресса.

²⁹ SZÚ: Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring), Odborná zpráva za rok 2009, Praha 2010

³⁰ SZÚ: Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring), Odborná zpráva za rok 2016, Praha 2017

³¹ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

³² SZU: Upozornění Státního zdravotního ústavu – Národního referenčního centra pro pitnou vodu na možné zdravotní riziko pití vody z měděné nádoby, 2017

³³ SZU: Upozornění Státního zdravotního ústavu – Národního referenčního centra pro pitnou vodu na možné zdravotní riziko pití vody z měděné nádoby, 2017

³⁴ Uriu-Adams at al: Copper, oxidative stress, and human health, *Molecular Aspects of Medicine*, 26 (2005)268–298

Медицина долгое время отслеживает количество меди, попадающей в организм человека с едой и напитками. Согласно этим исследованиям, подавляющее большинство людей,

включая детей, получают достаточное количество меди с пищей. Только некоторые женщины старше 15 лет потребляют немного меньше меди, чем оптимальное количество.

➤ d. Свинец

Свинец (Pb), вероятно, является наиболее распространенным тяжелым металлом в природе. Встречается в основном, в виде сульфидов или карбонатов³⁵. Несмотря на свои токсичные свойства, он по-прежнему широко используется для производства батарей, кабелей и некоторых видов боеприпасов. Свинец попадает в окружающую среду в результате деятельности горнодобывающих и металлургических предприятий, переработки отходов, или сжигания ископаемого топлива и т. д. В прошлом значительным источником свинца в окружающей среде были выбросы сжигания автотранспортного топлива, так как органические соединения свинца использовались в качестве антидетонационных добавок в автомобильном бензине³⁶.

Свинец — токсичное вещество, которое обладает способностью накапливаться в организме и вызывать множество неблагоприятных последствий, влияя на печень, почки, нервную систему и эритроциты. Международное агентство по изучению рака включило неорганические соединения свинца в число вероятных канцерогенов в группу 2A³⁷.

Европейское агентство по безопасности пищевых продуктов (EFSA) издало отчет для группы экспертов, согласно которому негативное воздействие свинца не имеет так называемой пороговой дозы. То есть невозможно определить безопасную для человека дозу свинца³⁸.

Маленькие дети в возрасте до шести лет являются группой повышенного риска. Одной из причин является более частое попадание в рот грунта и пыли, по сравнению с взрослыми людьми. Еще один фактор - более высокая скорость всасывания свинца в пищеварительном тракте детей. И наконец, следует учитывать, что развивающиеся органы ребенка более чувствительны к воздействию свинца. У детей, живущих на территориях, загрязненных свинцом, было выявлено воздействие на иммунную систему, такое как повышенные уровни IgA, IgM, альфа-микроглобулина и трансферрина³⁹.

В случае детей эксперты считают критическим эффектом так называемую нейротоксичность развития, то есть нарушение развития мозга в детстве. В прошлом это был самый сильный аргумент в пользу запрета добавления свинца в автомобильный бензин, поскольку было

³⁵ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

³⁶ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

³⁷ IARC (2006) IARC MONOGRAPHS VOLUME 87

³⁸ EFSA (2010): Scientific Opinion on Lead in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA, Parma, Italy
EFSA (2012): Lead dietary exposure in the European population, European Food Safety Authority, Parma, Italy

³⁹ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

выявлено, что дети, подвергшиеся воздействию более высоких доз свинца из выхлопных газов автомобилей, имели более низкий IQ⁴⁰, чем дети в контрольной группе. В случае взрослых специалисты считают критическими последствиями негативное воздействие на почки (нефротоксичность) и на систолическое артериальное давление⁴¹.

Из-за опасности свинца его добавление в автомобильный бензин запрещено в Европейском Союзе также и в Армении.

Свинец строго регулируется директивой RoHS для электрического и электронного оборудования⁴². Дальнейшее регулирование относительно свинца касается красок, водопроводных труб, ювелирных изделий.

Мясо дичи и субпродукты являются наиболее распространенными продуктами питания, в которых эксперты обнаружили чрезвычайно высокие концентрации свинца⁴³. Некоторые исследования показали, что более частое употребление дичи со свинцовыми пулями влияет на уровень свинца в организме потребителей⁴⁴.

➤ е. Никель

Никель (Ni) естественным образом встречается в окружающей среде, особенно в форме сульфидов и силикатов. Загрязнение окружающей среды происходит, в основном, при добыче руды, и в результате деятельности металлургической промышленности⁴⁵.

Никель в металлической форме — серебристо-белый металл с выраженным глянцем, который используется, в основном, в металлургической промышленности, подобно хрому, или марганцу для легирования стали. Никель используется для продления срока службы и защиты сплавов от коррозии и высоких температур. Также используется в составе ряда специальных сплавов, для придания

прочности. Для защиты менее стойких металлов от атмосферных воздействий и воды никель наносится тонким слоем, чаще всего электролитическим способом. Никель используется для изготовления некоторых типов батарей, а также в качестве катализатора в химической и пищевой промышленности⁴⁶.

Международное агентство по изучению рака классифицировало некоторые соединения никеля как доказанные канцерогены для человека (группа 1), а сам металлический никель классифицирован как возможный канцероген в группе 2B. Некоторые исследования на животных показали влияние никеля на

⁴⁰ Grant, L. D. and Sors A. (eds.): Lead exposure and child development. An international Assessment, MPT Press, 1990

⁴¹ EFSA (2010): Scientific Opinion on Lead in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA, Parma, Italy

⁴² Miroslav Šuta: Zákaz některých chemikálií v nových spotřebičích, Odpady, 9/2006

⁴³ EFSA (2012): Lead dietary exposure in the European population, European Food Safety Authority, Parma, Italy

⁴⁴ BFR: Lead ammunition results in higher lead concentrations in game meat. 06/2013

⁴⁵ Bencko, Cikrt, Lener: Toxické kovy v životním a pracovním prostředí, Grada 1995

⁴⁶ Miroslav Šuta, Dokáže potrápiti na koflíku i v potravinách. Nikl škodí také kuřákům e-cigaret, Český rozhlas, 2018

различные повреждения наследственной информации - ДНК⁴⁷.

Никель является сильным контактным аллергеном, вызывает аллергический контактный дерматит⁴⁸. В Европе от этой проблемы страдает примерно каждая десятая женщина, и 2-6% мужчин⁴⁹. Высокая частота аллергических заболеваний связана с широким спектром использования никеля, особенно в производстве нержавеющей стали, для никелирования поверхностей других металлов. Никель можно найти во многих повседневных предметах, таких как пуговицы, застёжки, оправы для очков, ювелирные изделия, инструменты, электроника⁵⁰.

Из-за высокой частоты аллергических реакций на никель Европейский Союз в 1994 году принял «Директиву по никелю», которая ограничила количество никеля, выделяющегося из продуктов⁵¹. С 2009 года этот регламент стал частью новой всеобъемлющей химической политики Европейского Союза, установленной регламентом REACH⁵².

У некоторых людей, которые первоначально реагировали только на контакт кожи с никельсодержащим материалом, постепенно может развиваться аллергия на никель в пище. Если в случае контактной аллергии должен быть полностью ограничен контакт с

никельсодержащими металлами, то в случае пищевой аллергии это невозможно⁵³.

Известно, что никель в значительных количествах присутствует в сигаретном дыме. Исследования также показали повышенное содержание никеля в легких курильщиков. Большое количество никеля также могут содержать пары электронных сигарет⁵⁴.

⁴⁷ IARC (2012): Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C

⁴⁸ Ahlstrom et al: Nickel allergy and allergic contact dermatitis: A clinical review of immunology, epidemiology, exposure, and treatment. *Contact Dermatitis*. 2019; 81:227-241

⁴⁹ Suková: Alergie na nikel, *Agronavigator*, 23. 2. 2004

⁵⁰ Garg et al: Nickel allergy Following European Union regulation in Denmark, Germany, Italy and the U.K., *Br J Dermatol*. 2013 Oct;169(4):854-8

⁵¹ EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL DIRECTIVE 94/27/EC of 30 June 1994 amending For the 12th time Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations

⁵² ECHA: ANNEX XVII TO REACH - Conditions of restriction, Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles, Entry 27, Nickel

⁵³ EFSA: Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water, 2015

⁵⁴ Lukasz, et al: Levels of selected carcinogens and toxicants in vapor from electronic cigarettes, *Tob Control*. 2014 March ; 23(2): 133-139

3. Отбор проб и анализ

Выбор общин для проведения мониторинга химического загрязнения был осуществлен на основании результатов предыдущих исследований. Экспериментальные образцы мочи были отобраны в селах Мец Айрум, Чочкан, Покр Айрум (Лорийский марз) в окрестностях Наатакского хвостохранилища.

Расстояние между точками отбора проб и хвостохранилищем составляло от 50 до 3500 метров. Община Ачаджур (в Тавушском марзе) была выбрана в качестве контрольной территории, вне воздействия горнометаллургической промышленности (Рис.1, Рис.2).

Рис. 1 Местонахождение общин, где был проведен отбор проб (интересующий и контрольный регион)

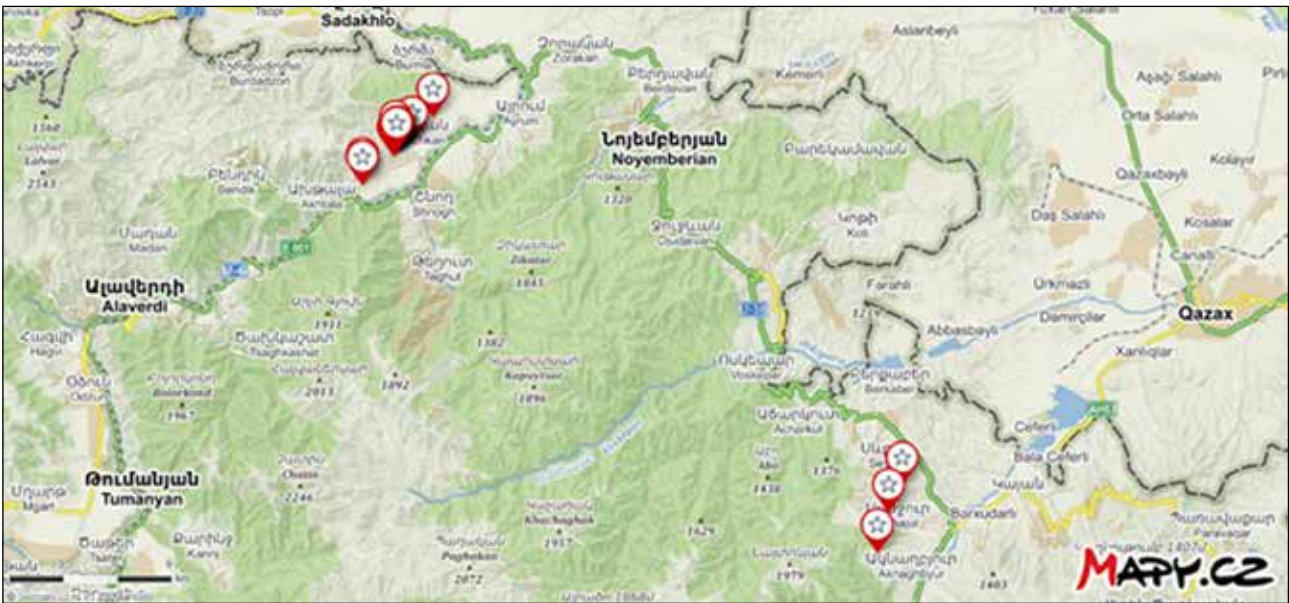
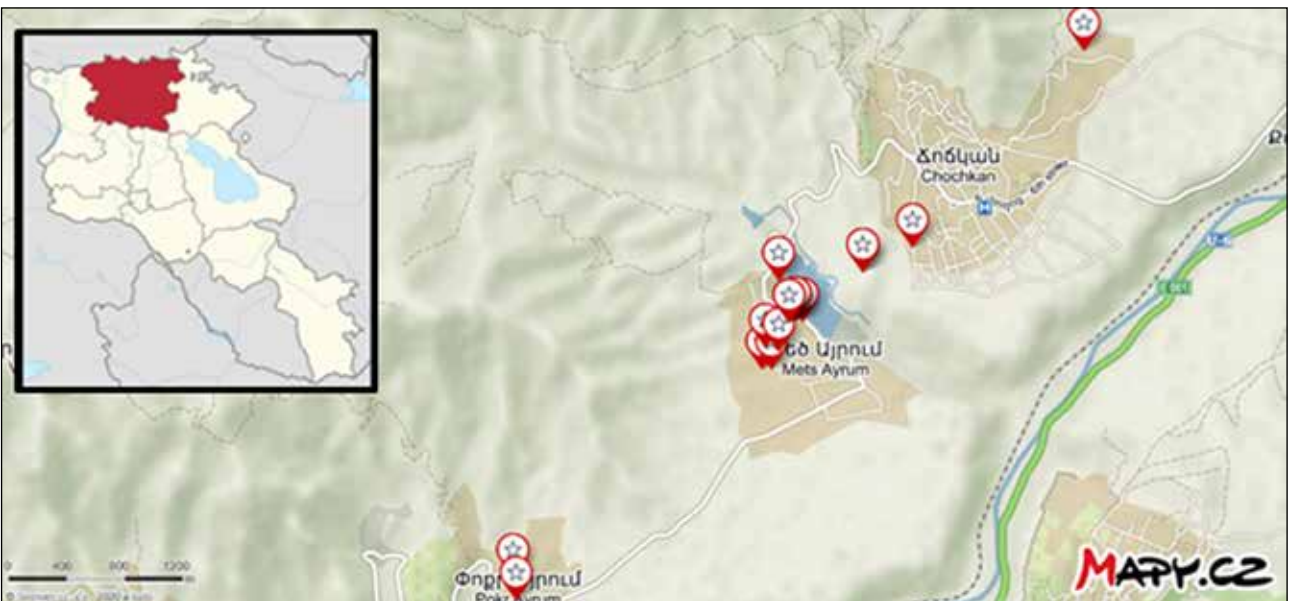


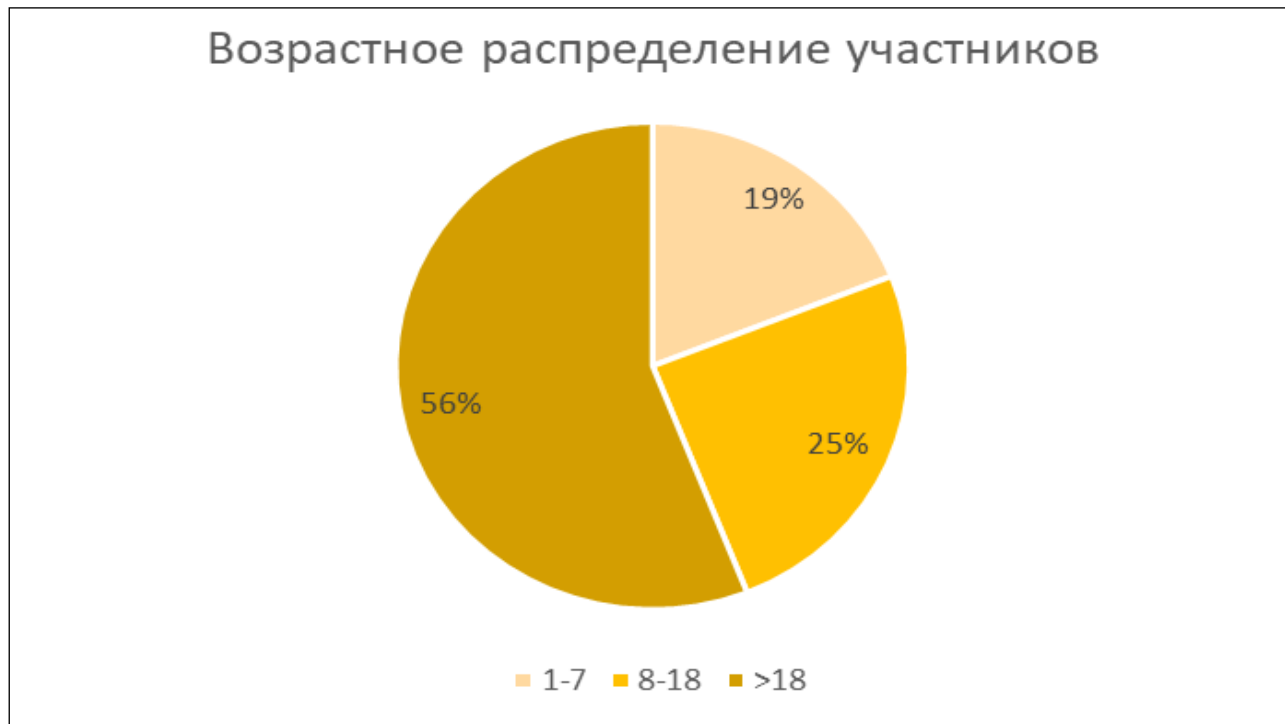
Рис. 2 Местонахождение общин, где был проведен отбор проб (интересующая область)



В ходе исследования было собрано 73 образца мочи, из которых 62 образца - в исследуемой области, и 11 образцов - в контрольной области. Образцы предоставили 46 женщин (63%) и 27 мужчин (27%) в возрастном диапазоне от

0,3 до 83 лет (Рис. 3). Условиями для участников исследования были отсутствие привычки курения и длительное пребывание на месте отбора проб.

Рис. 3 Диаграмма возрастного распределения участников исследования



У всех участников утренняя моча собиралась из средней порции в специальные пластиковые емкости для отбора проб. Во время транспортировки из Армении в Чехию все образцы были заморожены.

Определение тяжелых металлов проводилось в специализированной лаборатории Института здравоохранения в Усти-над-Лабем. Анализ интересующих загрязняющих веществ проводился по аккредитованным методикам.

Определение креатинина проводилось в соответствии с методологией SOP 503 и основано на его реакции в щелочной среде с пикриновой кислотой с образованием желто-оранжевого комплекса. Интенсивность цвета, которая прямо пропорциональна концентрации креатинина в образце, измерялась фотометрически.

Тяжелые металлы определяли согласно SOP 201.03 с помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

Полученные концентрации исследуемых металлов были пересчитаны на грамм креатинина, чтобы уменьшить искажение концентрации, вызванное почечной функцией.

Для определения количества мышьяка в моче рекомендуемое количество креатинина находится в диапазоне от 0,3 до 3,0 г/л. В связи с этим были исключены из оценки биомониторинга образцы с кодовыми номерами (5, 13, 19, 24, 30, 32, 44, 60).

В следующем этапе исследования будет рассмотрено содержание тяжелых металлов в ногтях местных жителей и в образцах пыли, отобранной в домохозяйствах.

4. Результаты и дискуссия

Диапазон и базовая статистика измеренных значений концентраций тяжелых металлов в пробах мочи на экспериментальной и референтной локации приведены в Таб. 2. Значения никеля во всех образцах были ниже

предела обнаружения методики. Подробная информация, касающаяся значений металлов всех образцов приведены в приложении (Таб. 7, Таб. 8).

Таб. 2 Основной обзор значений концентраций металлов в образцах мочи, отобранных у жителей в интересующем регионе и (референтной локации), значения указаны в мкг/г креатинина

Экспер. область (реф.)	Мин	Макс	Арифм. среднее	Геом. среднее	Медиана	90% пер-сен.	К-во образцов
As	6 (8)	58 (23)	19,6 (12,7)	17,0 (11,9)	16,5 (11,5)	37,0 (19,4)	56 (9)
Cu	5 (5)	28 (10)	10,4 (7,2)	9,3 (7,1)	8,0 (7,0)	17,2 (9,2)	55 (9)
Cd	0,1 (-)	1 (-)	0,34 (-)	0,29 (-)	0,3 (-)	-	19 (-)
Pb	1 (1)	8 (2)	2,2 (1,5)	1,8 (1,4)	2 (1,5)	-	35 (2)
Ni	<ПОМ	<ПОМ	<ПОМ	<ПОМ	<ПОМ	<ПОМ	<ПОМ

↘ а. Мышьяк

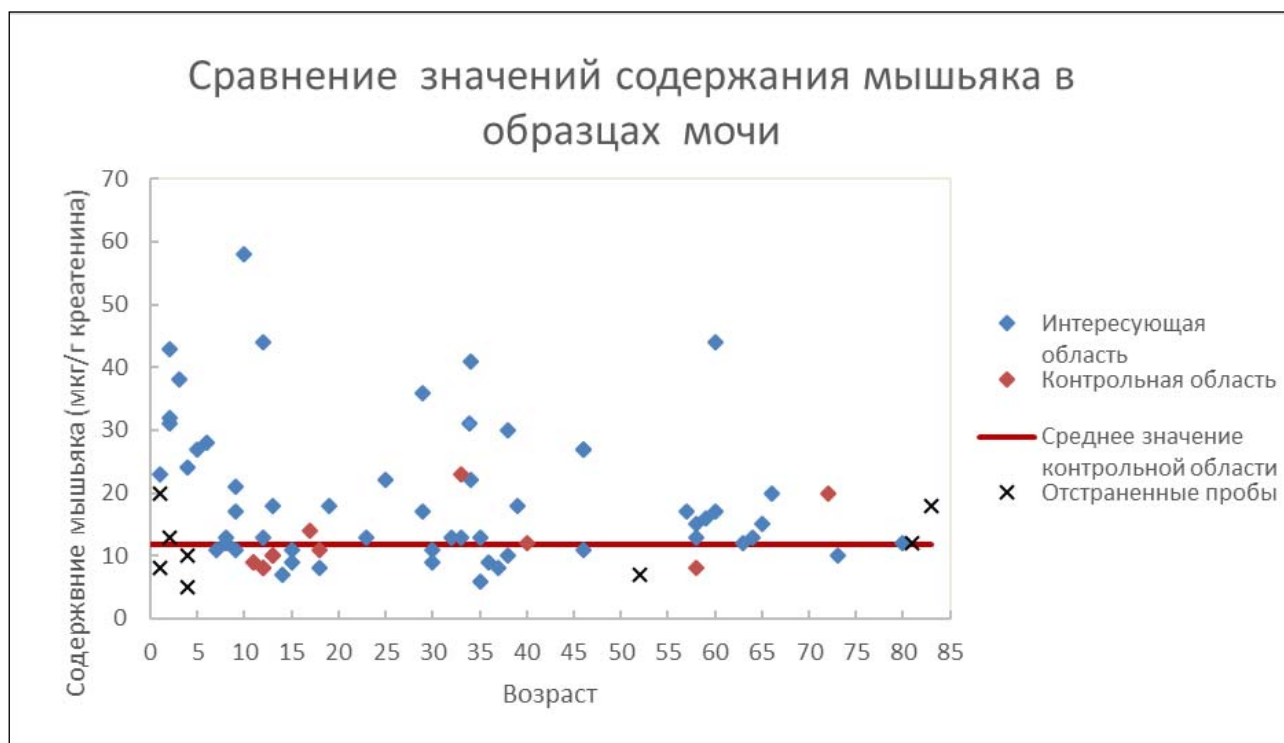
Значения мышьяка, зарегистрированные в интересующей области, варьировались в пределах от 6 до 58 мкг/г креатинина (Таб. 2). В одном случае был превышен предел, действующий в Чешской Республике для профессиональной экспозиции. Однако следует подчеркнуть, что этот образец был взят у ребенка 10 лет, проживающего в общине Покр Айрум, а не у работника металлургической отрасли. В четырех случаях в пробах участников в возрасте 2, 12, 34 и 60 лет (образцы 29, 11, 53, 52) измеренное значение было близко к лимиту экспозиции.

Для определения количества мышьяка в моче, рекомендуемое количество креатинина находится в диапазоне от 0,3 до 3,0 г/л. В восьми образцах уровень креатинина отклонился

от данного диапазона (в 7 случаях из 8 количество креатинина было под минимальным уровнем диапазона), поэтому пересчитанные значения мышьяка для этих образцов могут быть занижены. Однако мы сочли целесообразным оставить их в базовом наборе (Рис. 4). В дальнейшем при статистической обработке данных эти образцы были исключены.

Результаты анализа проб, взятых в общинах Чочкан и Мец Айрум вблизи Наатакского хвостохранилища, подтверждают гипотезу о повышенном воздействии мышьяка на людей, проживающих в окрестностях хвостохранилища, по сравнению с людьми, проживающими на территории, не находящейся под воздействием горнометаллургической промышленности. Средняя концентрация мышьяка в

Рис.4 График сравнения всех результатов анализа содержания мышьяка



экспериментальной области была более чем на 20% выше, чем в контрольной области, а разница значений медиан между группой воздействия и контрольной группой составляла 40%. Медиана — это значение, которое подразумевает, что половина значений результатов являются выше этого значения, а половина ниже. Подтверждаются также результаты теоретической оценки риска, которые были получены в 2019 году, с использованием программного обеспечения RISC. Данная оценка предполагала более высокий риск мышьяка для здоровья детской подгруппы, по сравнению со взрослой. В частности, уровни мышьяка, зарегистрированные у детей в возрасте до 7 лет в интересующей области, были значительно выше, чем у взрослых из того же района.

Нам кажется важным тот факт, что даже самый низкий уровень мышьяка в моче детей, проживающих на территории воздействия (12,7 мкг/г креатинина), являются значительно выше,

чем значения, обнаруженные в Чешской Республике при мониторинге здоровья детей (2,5–5,25 мкг/л), и выше значений, полученных при оценке риска для здоровья детей, проживающих в районе Кутна Гора – Каньк. Район исторически сильно загрязнен добычей и переработкой серебряной руды. Среднее арифметическое значение для детей в возрасте от 2 до 15 лет составляло 16,64 мкг/г креатинина, значение медианы - 10 мкг/г креатинина.

Считается, что концентрация мышьяка в моче отражает его количество, захваченное в крови при приеме вовнутрь и при вдыхании, и, следовательно, дает более точное понимание о возможной суточной дозе, чем количество мышьяка в других тканях, например в ногтях⁵⁵. Измеренные нами значения отражают количество мышьяка, воздействию которого участники подверглись как минимум за несколько дней до проведения отбора проб мочи (для сравнения, образцы волос отражают

⁵⁵ Bencko, Symon: Exposure Test of Environmental Exposure and Hearing Changes in Exposed Children, Environmental Health Perspectives, 19, 95-111, 1977

долгосрочное воздействие мышьяка). Скорость выведения загрязняющих веществ из организма зависит от ряда индивидуальных параметров.

Определение мышьяка в моче используется в качестве теста биологического воздействия для оценки рисков здоровья рабочих в медицине труда. С этой целью для защиты здоровья на рабочем месте в Чешской Республике постановлением № 432/2003 была установлена предельная допустимая концентрация мышьяка в моче. Согласно приложению №2 к постановлению № 432/2003 об установленных предельных значениях показателей тестов биологического воздействия и условий сбора биологического материала для проведения испытаний на биологическое воздействие,

предел содержания мышьяка в моче составляет 0,05 мг/г креатинина, или 0,075 мкмоль/ммоль креатинина при отборе проб в конце рабочей недели⁵⁶.

В доступной литературе имеется большое количество исследований, в которых оценивали количество общего мышьяка, или некоторых его форм и метаболитов в моче. Многие исследования сообщают об уровне мышьяка и его соединений в микрограммах на литр мочи, в то время как другие исследования сообщают о более достоверной единице мышьяка - в перерасчете на грамм креатинина. Подробная информация представлена в Таб. 3, где приведены обнаруженные значения тяжелых металлов в моче как в данном исследовании, так и в литературных данных.

Таб. 3 Обзор содержания мышьяка обнаруженных в данном исследовании и научной литературе

Страна	Арифметическое значение (мкг/г креатинина)	Геометрическое значение (мкг/г креатинина)	Медиана (мкг/г креатинина)	Комментарий	Источник
Армения-область воздействия	19,6	17,0	16,5	Целая популяция	
Армения-область воздействия	26,4	23,5	23,8	Дети 2-12 лет	
Армения-контрольная область	12,7	11,9	11,5	Целая популяция	
США		8,24		Целая популяция	⁵⁷
США		8,25		Дети 6-12 лет	⁵⁸
США		6,11		Подростки 12-19 лет	⁵⁹
США		8,64		Старше 20 лет	⁶⁰
Германия	7,64	4,60	4,9	Целая популяция	⁶¹

⁵⁶ Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli

⁵⁷ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁵⁸ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁵⁹ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁶⁰ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁶¹ SeiFert et al: The German Environmental Survey 1990/92 (GerES II): reference concentrations of selected environmental pollutants in blood, urine, hair, house dust, drinking water and indoor air, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology (2000) 10, 552-565

Южная Корея	49,4	41,1	41,2	Целая популяция	62
Китай	46,0			Открытое сжигание	63
Китай	117,0			Очень загрязненные грун- товые воды	64
Китай Хубэй	20,20			Дети 6-12 лет	65
Китай Ганьсу	15,59			Дети 6-12 лет	66
Китай Гуандун	9,10			Дети 6-12 лет	67
Непал	11-51,4			Загрязненная питьевая вода	
Франция	94,8			Женщины, употреблявшие в пищу рыбу и морские продукты	68
Франция	59,7			Мужчины, употреблявшие в пищу рыбу и морские продукты	69
Испания	5,37	2,438	3,398	Дети	70
Испания Андалузия		1,44		Промышленная область	71
Испания Андалузия		1,26		Контрольная область	72
Чехия-Каньк	16,64		10	Дети, исторически загряз- ненная область	73
Чехия-Каньк	28			Исторически загрязнен- ная местность	74
Чехия	10			биомониторинг	75

⁶² Lee et al: Korea National Survey for Environmental Pollutants in the Human Body 2008: Heavy metals in the blood or urine of the Korean population International Journal of Hygiene and Environmental Health, 215 (2012) 449– 457

⁶³ Sengupta et al: Pathogenesis, clinical Features and pathology of chronic arsenicosis. Indian J Dermatol Venereol Leprol. 2008; 74: 559-70.

⁶⁴ Liu et al: Biomarkers For the evaluation of population health status in 16 years after the intervention of arsenic contaminated groundwater in Xin-jing, China, J Hazard mater 262,1159-1166

⁶⁵ Zhang et al: Total arsenic concentrations in Chinese children's urine by different geographic locations, ages, and genders, Environ Geochem Health (2018) 40:1027–1036

⁶⁶ Zhang et al: Total arsenic concentrations in Chinese children's urine by different geographic locations, ages, and genders, Environ Geochem Health (2018) 40:1027–1036

⁶⁷ Zhang et al: Total arsenic concentrations in Chinese children's urine by different geographic locations, ages, and genders, Environ Geochem Health (2018) 40:1027–1036

⁶⁸ Sirot et al: Dietary exposure and biomarkers of arsenic in consumers of Fish and shellfish From France, Sci Totl Env, 407, 1875-1885

⁶⁹ Sirot et al: Dietary exposure and biomarkers of arsenic in consumers of Fish and shellfish From France, Sci Totl Env, 407, 1875-1885

⁷⁰ Molina-Villalba et al: Biomonitoring of arsenic, cadmium, lead, manganese and mercury in urine and hair of children living near mining and industrial areas, Chemosphere 124 (2015) 83–91

⁷¹ Aguilera et al, Biomonitoring of urinary metals in a population living in the vicinity of industrial sources: A comparison with the general population, Sci Total Environ (2008)

⁷² Aguilera et al, Biomonitoring of urinary metals in a population living in the vicinity of industrial sources: A comparison with the general population, Sci Total Environ (2008)

⁷³ ZÚ Ústí nad Labem: Dílčí hodnocení zdravotního rizika obyvatel lokality Kutná Hora – Kaňk, 2015

⁷⁴ ZÚ Ústí nad Labem: Dílčí hodnocení zdravotního rizika obyvatel lokality Kutná Hora – Kaňk, 2015

⁷⁵ SZÚ: Systém monitorování zdravotního stavu ve vztahu k životnímu prostředí, Souhrnná zpráva 2005

В рамках этого исследования сравнение результатов проб мочи показало, что значительные количества мышьяка наблюдаются во всех возрастных группах, а также в отдельных группах, в частности, у детей в возрасте 2–12 лет. При сравнении результатов можно отметить более высокие уровни мышьяка в области воздействия, по сравнению с результатами биомониторинга, проведенного в Чехии, США, Германии, а также с отдельными исследованиями в Китае, Испании и Непале. Было также обнаружено, что 90-й перцентиль содержания мышьяка в области воздействия составлял 37 мкг/л, а для контрольной области этот показатель был почти вдвое ниже (19,4 мкг/л). 90-й перцентиль указывает на уровень значений, при котором 90 процентов всей группы результатов либо равны этому значению, либо ниже него.

С другой стороны, следует отметить, что значения, зарегистрированные в области воздействия, не достигают экстремальных значений в сравнении с показателями, обнаруженными в чрезмерно загрязненных районах, описанных в литературе, где основным источником воздействия являлись поверхностные или грунтовые воды с высоким содержанием мышьяка. В сельских поселениях Китая⁷⁶, где люди обогревали жилища посредством открытого сгорания угля, при концентрации 46 мкг мышьяка на литр мочи, выявлено мульти-системное заболевание арсеникоз – вызванное хроническим воздействием высоких доз мышьяка, которое включает кожные, неврологические, сердечно-сосудистые осложнения, а

также заболевания дыхательных путей, почек и печени⁷⁷.

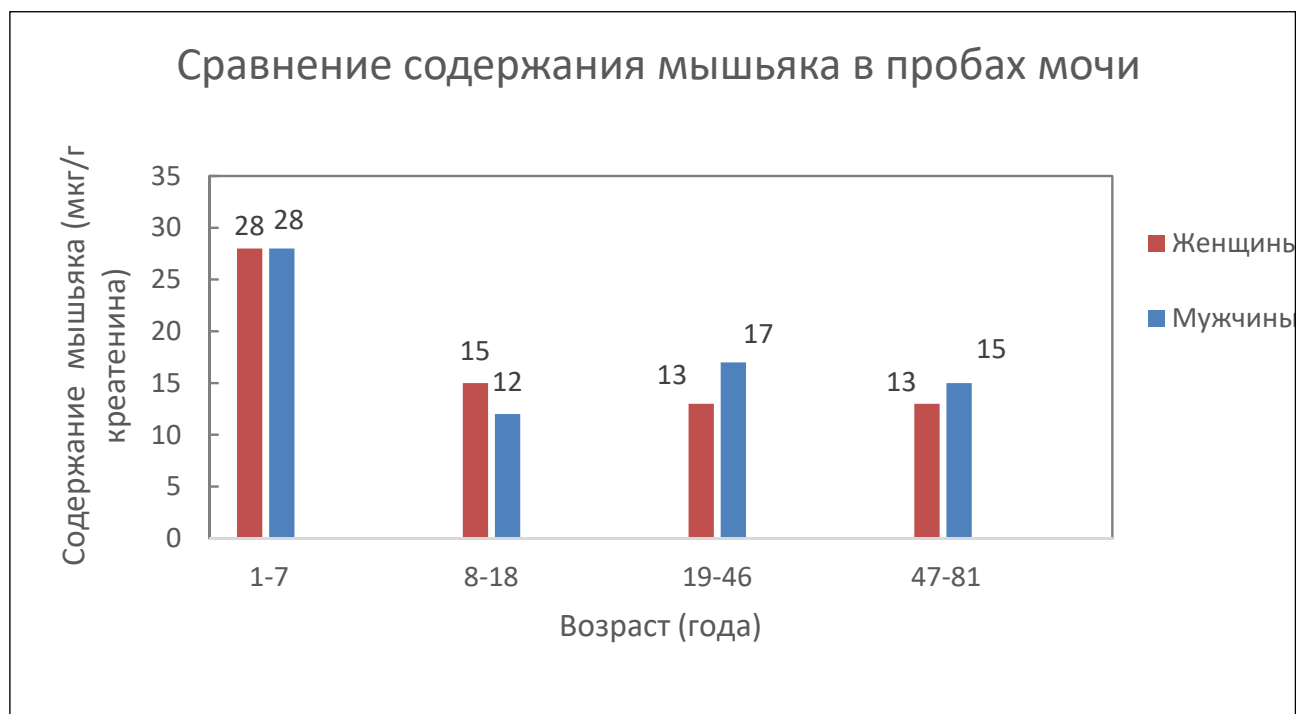
Жители сел Покр Айрум и Мец Айрум потенциально подвержены арсеникозу, ввиду того что в 6 пробах значения As были определены в диапазоне от 39,6 до 97,44 мкг мышьяка на литр мочи. Эти значения были обнаружены в пробах детей (образцы 16, 57, 58), и в пробах взрослого населения репродуктивного возраста (образцы 53, 56, 59). Максимальное измеренное значение 97,44 мкг мышьяка на литр мочи было обнаружено в пробе мочи ребенка 10 лет (образец 58), которое вдвое превышало значение, указанное в литературе.

На Рис. 5 можно наблюдать распределение содержания As во всех возрастных категориях. Самые высокие значения были обнаружены у детей дошкольного возраста (29,5 мкг/г креатинина у девочек и 25,0 мкг/г креатинина у мальчиков). В сочетании с тем фактом, что в 3 пробах из 5 наблюдалось превышение, или приближение к используемому в Чехии значению предела воздействия (0,05 мкг/г креатинина), результаты вызывают серьезную озабоченность, вызванную рисками для здоровья детей в регионе.

⁷⁶ Sengupta et al: Pathogenesis, clinical features and pathology of chronic arsenicosis. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2008; 74: 559-70.

⁷⁷ Zhang et al: Unventilated indoor coal-fired stoves in Guizhou China: Cellular and Genetic damage in villagers exposed to arsenic in food and air, *Environmental Health Perspectives*, 115: 653-658 (2007)

Рис. 5 Сравнение содержания мышьяка (As) в пробах мочи, отобранных в регионе воздействия



В рамках обсуждения полученных результатов необходимо констатировать, что контролируемые нами группы относительно небольшие. Поэтому к результатам следует подходить с долей осторожности, с точки зрения их оценки. С другой стороны, помимо образцов мочи, были также отобраны образцы ногтей и пыли. Результаты лабораторных анализов этих матриц будут доступны в ходе дальнейших исследований, и могут быть важным руководством для более полной оценки воздействия мышьяка в общинах воздействия.

В конкретных случаях обнаружения высоких концентраций мышьяка имеет смысл рекомендовать дальнейшее обследование в семье, и, возможно, более подробное медицинское обследование конкретных лиц.

Если взаимосвязь между высоким уровнем мышьяка, обнаруженным в моче, и содержанием в домашней пыли будет подтверждена, будет целесообразно рекомендовать меры по снижению воздействия окружающей среды на соответствующую группу населения, и по устранению источников загрязнения окружающей среды на территории воздействия.

↘ **в. Кадмий**

Концентрации кадмия в моче у некурящих, проживающих в области воздействия, варьировались от значений ниже предела обнаружения до 1,00 мкг/г креатинина. В контрольной группе все значения были ниже предела обнаружения (Таб. 2).

В то время как определение уровня кадмия в крови используется, в основном, с точки зрения актуального воздействия, для оценки количества поступившего кадмия за последние месяцы, в моче определение кадмия рассматривается как индикатор суммарной нагрузки на организм и общего накопления кадмия в организме. Биологический период полураспада кадмия находится в диапазоне от 15 до 30 лет. Обычный уровень кадмия в моче у некурящих колеблется от 0,1 до 0,7 мкг/г креатинина, у курильщиков может быть выше. Например, в исследовании шведских ученых, содержание кадмия у некурящих женщин и

мужчин составляло 0,27 и 0,18 мкг/г креатинина, соответственно⁷⁸.

В нашем исследовании наивысшие уровни кадмия в моче 0,7 мкг/г креатинина были определены в образце, взятом в селе Покр Айрум (образец 52), и 1 мкг/г креатинина – в селе Мец Айрума (образец 14). Самые высокие концентрации не превышают значений НВМ I и НВМ II для взрослого населения, но в двух случаях необходимо отметить более высокий уровень кадмия у некурящей женской популяции. Эти значения превышают значения кадмия, обнаруженные при биомониторинге в США (Таб. 4).

Из-за разницы между значениями кадмия в пробах, взятых в области воздействия и контрольной области, нельзя исключить, что воздействие кадмия в окружающей среде является выше в области воздействия.

⁷⁸ OLSSON, Ing-Marie, et al. Cadmium in blood and urine—impact of sex, age, dietary intake, iron status, and former smoking—association of renal effects. *Environmental health perspectives*, 2002, 110.12: 1185-1190.

Таб. 4 Обзор содержания кадмия указанных в научной литературе

Страна	Арифм. Среднее значение (мкг/г креатинина)	Геом. среднее значение (мкг/г креатинина)	Медиана (мкг/г креатинина)	Комментарий	Источник
США		0,181		Биомониторинг 1999-2000	79
США		0,199		Биомониторинг 2001-2002	80
США		0,210		Биомониторинг 2003-2004	81
США		0,075		Биомониторинг 2001-2002	82
США		0,090		Биомониторинг 2003-2004	83
Испания	0,56	0,37	0,32	Риа де Уэльва	84
Испания	0,77	0,39	0,31	Андалусия	85
Испания	1,37	0,747	0,853	Риа де Уэльва	86
Чехия	0,29			Биомониторинг детей 2008	87

Более определенный вывод о возможном состоянии здоровья можно будет сделать после оценки других образцов (ногтей и бытовой пыли).

В конкретных случаях обнаружения высоких концентраций кадмия может быть рекомендовано дальнейшее обследование семьи и, возможно, более подробное медицинское обследование конкретных лиц.

Если взаимосвязь между высоким уровнем, обнаруженным в моче, и наличием кадмия в домашней пыли будет подтверждена, то целесообразно рекомендовать меры по снижению воздействия окружающей среды на население, и по устранению источников загрязнения окружающей среды.

⁷⁹ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁸⁰ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁸¹ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁸² CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁸³ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁸⁴ Aguilera et al, Biomonitoring of urinary metals in a population living in the vicinity of industrial sources: A comparison with the general population, Sci Total Environ (2008)

⁸⁵ Aguilera et al, Biomonitoring of urinary metals in a population living in the vicinity of industrial sources: A comparison with the general population, Sci Total Environ (2008)

⁸⁶ Molina-Villalba et al: Biomonitoring of arsenic, cadmium, lead, manganese and mercury in urine and hair of children living near mining and industrial areas, Chemosphere 124 (2015) 83–91

⁸⁷ Beneš et al: Determination of Normal Concentration Levels of Cd, Pb, Hg, Cu, Zn and Se in Urine of the Population in the Czech Republic, Cent Eur J Public Health, 2002 Jun;10(1-2):3-5

↘ с. Медь

В 72 пробах мочи из 73, значения меди превышали предел обнаружения (Таб. 2). Подробный обзор найденных значений показан на Рис. 6. Также был рассчитан 90%-ный

перцентиль, значение которого составляет 17,2 мкг/г креатинина для области воздействия, и 9,2 мкг/г креатинина для контрольной области.

Рис. 6 График сравнения обнаруженных концентраций меди в области воздействия и контрольной области (единицы мкг/г креатинина)



Анализ содержания меди включен в биомониторинг, скорее с точки зрения меди как биологически важного элемента. Концентрация меди в моче в норме составляет от 6 до 50 мкг/г креатинина⁸⁸. В анализированных образцах содержание меди находилось в пределах от 6 до 28 мкг/г креатинина, следовательно, значительных отклонений от нормы не наблюдалось. Вместе с тем количество меди в образцах существенно не отличалось от значений, приведенных в Таб.5.

⁸⁸ SZÚ: Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring), Odborná zpráva za rok 2009, Praha 2010

Таб. 5 Обзор содержания меди обнаруженных в данном исследовании и научной литературе

Страна	Арифм. Среднее значение (мкг/г креатинина)	Геом. Среднее значение (мкг/г креатинина)	Медиана (мкг/г креатинина)	Комментарий	Источник
Армения- область воздействия	10,38	9,26	8,0		
Армения-контрольная область	7,77	7,08	7,00		
Германия	8,88	6,93	6,7	Биомониторинг всей популяции	⁸⁹
Испания Андалузия	11,69	8,39	8,62	Промышленная область	⁹⁰
Испания Андалузия	12,60	8,60	8,69	Контрольная область	⁹¹
Чехия			16 až 26	Биомониторинг, 4 города 2009	⁹²
Чехия	16,2			Биомониторинг детей	⁹³
Чехия	10,6			Биомониторинг взрослых	⁹⁴

На Рис. 7 приведено распределение содержания меди в моче между несколькими возрастными группами. Значительное содержание меди было определено в пробах детей дошкольного возраста (от 1 до 7 лет). Разница связана с более медленным метаболизмом, или, например с более частым поглощением частиц пыли, почвы и т. д.⁹⁵. Стоит подчеркнуть,

что организм ребенка может быть более чувствительным к воздействию меди. В 3 возрастных категориях из 4 содержание Cu в моче женщин было выше, чем содержание Cu в моче мужчин.

⁸⁹ SeiFert et al: The German Environmental Survey 1990/92 (GerES II): reFERENCE concentrations oF selected environmental pollutants in blood, urine, hair, house dost, drinking water and indoor air, Journal oF Exposure Analysis and Environmental Epidemiology (2000) 10, 552-565

⁹⁰ Aguilera et al, Biomonitoring oF urinary metals in a population living in the vicinity oF industrial sources: A comparison with the general population, Sci Total Environ (2008)

⁹¹ Aguilera et al, Biomonitoring oF urinary metals in a population living in the vicinity oF industrial sources: A comparison with the general population, Sci Total Environ (2008)

⁹² SZÚ: Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring), Odborná zpráva za rok 2009, Praha 2010

⁹³ Beneš at al: Determination oF Normal Concentration Levels oF Cd, Pb, Hg, Cu, Zn and Se in Urine oF the Population in the Czech Republic, Cent Eur J Public Health, 2002 Jun;10(1-2):3-5

⁹⁴ Beneš at al: Determination oF Normal Concentration Levels oF Cd, Pb, Hg, Cu, Zn and Se in Urine oF the Population in the Czech Republic, Cent Eur J Public Health, 2002 Jun;10(1-2):3-5

⁹⁵ Moya, J., Phillips, L. A review of soil and dust ingestion studies for children. J Expo Sci Environ Epidemiol 24, 545–554 (2014). <https://doi.org/10.1038/jes.2014.17>

Рис. 7 Сравнение количества меди (Cu) в разных возрастных категориях в области воздействия



Следует учитывать ограниченное количество отбора проб на территории воздействия. Однако, можно констатировать, что зарегистрированные уровни меди в моче в целом не отклоняются от значений, определенных в ходе биомониторинга населения, у которого

не предполагается профессиональное воздействие меди. Более определенный вывод о возможном воздействии на состоянии здоровья можно будет сделать после оценки других образцов (ногтей и домашней пыли), которые будут изучены в следующем исследовании.

➤ d. Свинец

Принимая во внимание ограниченный размер группы участников отбора проб в Армении, можно констатировать, что зарегистрированные уровни свинца в моче находятся в диапазоне значений, обычно обнаруживаемых при биомониторинге населения, в котором не предполагается профессиональное воздействие олова. При сравнении имеющейся информации с литературными данными можно отметить в несколько раз превышающую разницу между значениями, полученными в рамках этого исследования, и данными биомониторинга в США, проведенного в 1999–2004 годах.

Напротив, при сравнении значений с данными биомониторинга в Чешской Республике, концентрации свинца в Армении ниже (Таб.б).

Таб. 6 Обзор содержания олова обнаруженных в данном исследовании и научной литературе

Страна	Арифм. Среднее значение (мкг/г креатинина)	Геом. Среднее значение (мкг/г креатинина)	Медиана (мкг/г креатинина)	Комментарий	Источник
Армения-область воздействия	2,23	1,83	2,0		
Армения-контрольная область	1,50	1,41	1,50		
США		0,721		Биомониторинг 1999-2000	⁹⁶
США		0,639		Биомониторинг 2001-2002	⁹⁷
США		0,632		Биомониторинг 2003-2004	⁹⁸
Чехия	1		1,1	Биомониторинг 2009	⁹⁹
Чехия	4,8			Биомониторинг детей 2008	¹⁰⁰
Чехия	3,3			Биомониторинг взрослых 1996-2000	¹⁰¹

Из всех проб только 37 из 65 имели значения, превышающие предел обнаружения (Таб. 2). По этой причине более ясный вывод о возможных рисках для здоровья людей, связанных с наличием олова, можно сделать после анализа других образцов (крови, ногтей и домашней пыли).

Воздействие свинца может представлять опасность для здоровья, особенно для детей как во время внутриутробного развития, так и в

дошкольном возрасте, принимая во внимание развитие и нейроповеденческие изменения, которые свинец может спровоцировать в организме. Побочные эффекты у детей были доказаны уже при значениях около 100 мкг/л.

⁹⁶ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁹⁷ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁹⁸ CDC: Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009

⁹⁹ SZÚ: Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring), Odborná zpráva za rok 2009, Praha 2010

¹⁰⁰ Beneš at al: Determination of Normal Concentration Levels of Cd, Pb, Hg, Cu, Zn and Se in Urine of the Population in the Czech republic, Cent Eur J Public Health, 2002 Jun;10(1-2):3-5

¹⁰¹ Beneš at al: Determination of Normal Concentration Levels of Cd, Pb, Hg, Cu, Zn and Se in Urine of the Population in the Czech republic, Cent Eur J Public Health, 2002 Jun;10(1-2):3-5

↘ е. Никель

Количество никеля в моче в образцах, взятых в области воздействия и в контрольной области, было во всех случаях ниже предела обнаружения (Таб. 2).

Основываясь на результатах ниже уровней обнаружения, можно предположить, что окружающая среда в области воздействия, вероятно,

не является значительным источником воздействия никеля. Однако более определенный вывод о возможном состоянии здоровья можно будет сделать после оценки других образцов (ногтей, крови или домашней пыли).

5. Выводы

В этом исследовании были проанализированы образцы мочи на наличие тяжелых металлов As, Cd, Cu, Ni и Pb из объединенной общины Ахтала в Лорийском марзе. Отбор проб проводился в селах Мец Айрум, Чочкан, Покр Айрум, где проживает около 2700 человек. Анализ проб мочи, взятых у жителей, проживающих на территории горной добычи и переработки медной руды, подтверждает предположение о повышенном воздействии мышьяка на население, по сравнению с людьми, проживающими в непромышленной Тавушской области, и одновременно подтверждает более высокое воздействие на детскую популяцию, по сравнению со взрослым населением.

Результаты исследования подтвердили факт присутствия мышьяка, представляющего наибольший риск для здоровья. Жители горно-перерабатывающего Туманянского региона, в среднем, на 20% более подвержены негативному воздействию мышьяка, чем жители контрольной общины Ачаджур (Тавушская область). Значения медианы указывают на то, что нагрузка мышьяка в районе воздействия на 40% выше, чем в контрольной местности. В 4 пробах мышьяк превысил, или приблизился к пределу воздействия профессиональной экспозиции в Чехии (50 мкг/г креатинина). Отметим, что речь идет о группе, у которой не предполагалась профессиональная экспозиция. Более того, 3 образца принадлежат детям в возрасте до 12 лет. Наши результаты указывают на более высокую нагрузку на детскую популяцию, по сравнению со взрослым населением, что подтверждает более ранний вывод теоретической оценки рисков для здоровья, проведенной в 2019 году с использованием программного обеспечения RISC. Результаты показали, что предполагаются более высокие канцерогенные и неканцерогенные риски для здоровья детей, по сравнению со взрослыми. Мышьяк является канцерогеном для человека,

замедляет развитие плода, влияет на развитие ребенка, нервную систему и нарушает работу сердца и сосудов.

Жители горнодобывающих территорий подвержены более высокому воздействию кадмия, чем жители контрольной территории. В исследовании 2019 года с использованием программного обеспечения RISC, кадмий был оценен как опасный в этом регионе для здоровья элемент. Кадмий - канцерогенный элемент, поражающий почки, нервную и гормональную систему.

Поскольку в исследовании приняли участие некурящие, повышенный уровень тяжелых металлов не связан с активным курением.

Содержание меди и свинца в образцах мочи было определено в меньших количествах. Тем не менее, выяснилось, что содержание меди было выше в пробах мочи, взятых в горнодобывающем районе, чем в пробах у контрольной группы. Наиболее высокое содержание меди было зафиксировано у дошкольников в районе воздействия. Несмотря на то, что медь является биогенным элементом, долгосрочное воздействие более высоких доз меди может вызвать повреждение печени и неврологические нарушения.

Результаты нашего скринингового исследования, в особенности в отношении уровня мышьяка, и частично, кадмия, требуют повышенного внимания, и приводят к необходимости проверки путем дальнейшего исследования других тканей человека и окружающей среды. Первым шагом в этом направлении станет лабораторный анализ уже отобранных проб ногтей и бытовой пыли.

6. Приложение

Таб. 7 Обзор образцов мочи, отобранной в районе воздействия и контрольном районе (красным выделены пробы, которые были исключены)

Номер образца	Пол	Возраст	Община
1	Ж	66	Мец Айрум
2	М	3	Мец Айрум
3	М	5	Мец Айрум
4	М	38	Мец Айрум
5	Ж	2	Мец Айрум
6	Ж	35	Мец Айрум
7	М	46	Мец Айрум
8	Ж	39	Мец Айрум
9	М	19	Мец Айрум
10	М	18	Мец Айрум
11	Ж	12	Мец Айрум
12	Ж	23	Мец Айрум
13	М	1	Мец Айрум
14	Ж	57	Мец Айрум
15	М	63	Мец Айрум
16	М	6	Мец Айрум
17	Ж	9	Мец Айрум
18	Ж	29	Мец Айрум
19	М	1	Мец Айрум
20	М	8	Мец Айрум
21	Ж	14	Мец Айрум
22	Ж	35	Мец Айрум
23	М	9	Мец Айрум
24	Ж	4	Мец Айрум
25	Ж	80	Мец Айрум
26	Ж	30	Мец Айрум
27	Ж	73	Мец Айрум
28	Ж	9	Мец Айрум
29	Ж	2	Мец Айрум
30	Ж	83	Мец Айрум
31	Ж	25	Мец Айрум

32	М	0,3	Мец Айрум
33	М	4	Мец Айрум
34	Ж	2	Мец Айрум
35	М	33	Мец Айрум
36	Ж	37	Мец Айрум
37	М	15	Мец Айрум
38	Ж	12	Мец Айрум
39	Ж	64	Мец Айрум
40	Ж	58	Мец Айрум
41	Ж	46	Мец Айрум
42	М	32	Чочкан
43	Ж	58	Чочкан
44	М	52	Чочкан
45	Ж	46	Чочкан
46	М	60	Чочкан
47	Ж	59	Чочкан
48	Ж	34	Чочкан
49	М	1	Чочкан
50	Ж	29	Чочкан
51	Ж	8	Чочкан
52	Ж	60	Покр Айрум
53	М	34	Покр Айрум
54	Ж	30	Покр Айрум
55	М	2	Покр Айрум
56	М	38	Покр Айрум
57	Ж	13	Покр Айрум
58	М	10	Покр Айрум
59	Ж	34	Покр Айрум
60	Ж	81	Ачаджур
61	Ж	58	Ачаджур
62	Ж	33	Ачаджур
63	М	11	Ачаджур
64	Ж	13	Ачаджур
65	Ж	72	Ачаджур
66	Ж	40	Ачаджур
67	Ж	18	Ачаджур
68	Ж	17	Ачаджур
69	М	12	Ачаджур
70	Ж	65	Ачаджур
71	Ж	36	Покр Айрум
72	М	15	Покр Айрум
73	Ж	7	Покр Айрум

Таб. 8 Обзор результатов концентраций креатинина и тяжелых металлов в пробах мочи, отобранной в районе воздействия и контрольной районе

Номер пробы	Креатинин (г/л)	As (мг/г креат.)	Cd (мг/г креат.)	Cu (мг/г креат.)	Ni (мг/г креат.)	Pb (мг/г креат.)
1	0,73	0,020	0,0005	0,014	<0,007	<0,001
2	0,43	0,038	<0,0005	0,012	<0,012	<0,002
3	0,43	0,027	<0,0005	0,027	<0,012	<0,002
4	0,95	0,010	<0,0002	0,010	<0,005	<0,001
5	0,13	<0,015	<0,0015	0,030	<0,039	0,008
6	0,38	0,013	<0,0005	0,009	<0,013	<0,003
7	0,83	0,027	<0,0002	<0,004	<0,006	0,002
8	1,88	0,018	0,0002	0,007	<0,003	0,001
9	0,73	0,018	<0,0003	0,005	<0,007	<0,001
10	1,80	0,008	<0,0001	0,006	<0,003	0,001
11	0,43	0,044	<0,0005	0,013	<0,012	<0,002
12	1,33	0,013	0,0003	0,019	<0,004	<0,001
13	0,08	0,026	<0,0003	0,039	<0,063	<0,013
14	1,90	0,017	0,0010	0,010	<0,003	0,002
15	1,78	0,012	0,0002	0,008	<0,003	0,001
16	1,45	0,028	<0,0001	0,016	<0,003	0,003
17	0,78	0,021	<0,0003	0,013	<0,006	0,002
18	0,98	0,036	0,0002	0,010	<0,005	<0,001
19	0,20	0,016	<0,0010	0,024	<0,025	<0,005
20	2,23	0,012	0,0002	0,016	<0,002	0,001
21	1,83	0,007	<0,0001	0,009	<0,003	0,001
22	1,70	0,006	0,0003	0,008	<0,003	0,001
23	0,70	0,011	<0,0003	0,011	<0,007	0,002
24	0,05	<0,040	<0,0040	<0,060	<0,100	<0,020
25	1,10	0,012	0,0003	0,008	<0,005	<0,001
26	0,48	0,009	<0,0004	0,007	<0,010	<0,002
27	0,65	0,010	0,0003	0,012	<0,008	<0,002
28	0,38	0,017	<0,0005	0,015	<0,013	<0,003
29	0,43	0,043	<0,0005	0,028	<0,012	<0,002
30	0,18	0,017	<0,0011	<0,017	<0,028	<0,006
31	0,58	0,022	<0,0003	0,006	<0,009	<0,002
32	0,10	<0,020	<0,0020	<0,030	<0,050	<0,010
33	1,05	0,024	<0,0002	0,015	<0,005	0,002
34	0,33	0,031	<0,0006	0,021	<0,015	<0,003
35	1,65	0,013	<0,0001	0,005	<0,003	<0,001
36	1,35	0,008	<0,0001	0,007	<0,004	0,001
37	1,73	0,011	<0,0001	0,007	<0,003	0,002

38	0,75	0,013	<0,0003	0,007	<0,007	0,008
39	1,60	0,013	0,0002	0,006	<0,003	0,001
40	0,53	0,013	<0,0004	<0,006	<0,009	<0,002
41	0,55	0,027	<0,0004	0,007	<0,009	<0,002
42	1,60	0,013	0,0001	0,007	<0,003	0,002
43	2,05	0,015	0,0004	0,021	<0,002	0,002
44	3,81	0,007	0,0003	0,006	<0,001	0,005
45	0,68	0,011	0,0004	0,009	<0,007	<0,002
46	1,63	0,017	0,0004	0,005	<0,003	0,001
47	0,58	0,016	<0,0003	0,008	<0,009	0,004
48	0,88	0,022	<0,0002	0,006	<0,006	0,002
49	0,60	0,023	<0,0003	0,018	<0,008	0,004
50	1,25	0,017	<0,0002	0,010	<0,004	0,002
51	0,93	0,013	<0,0002	0,005	<0,005	0,001
52	0,88	0,044	0,0007	0,013	<0,006	0,002
53	1,55	0,041	0,0001	0,005	<0,003	0,001
54	1,38	0,011	0,0003	0,013	<0,004	<0,001
55	0,55	0,032	<0,0007	0,015	<0,009	0,003
56	2,25	0,030	0,0002	0,005	<0,002	0,001
57	2,20	0,018	<0,0001	0,007	<0,002	0,001
58	1,68	0,058	<0,0001	0,006	<0,003	0,002
59	1,73	0,031	<0,0001	0,005	<0,003	0,002
60	0,28	0,012	<0,0007	<0,011	<0,018	<0,004
61	0,73	0,008	<0,0003	0,006	<0,007	<0,001
62	1,65	0,023	0,0003	0,006	<0,003	0,001
63	0,43	0,009	<0,0005	0,007	<0,012	<0,002
64	0,45	0,010	<0,0004	0,009	<0,011	<0,002
65	0,48	0,020	<0,0004	0,010	<0,010	<0,002
66	0,75	0,012	<0,0003	0,007	<0,007	0,002
67	1,75	0,011	<0,0001	0,005	<0,003	<0,001
68	0,75	0,014	<0,0003	0,007	<0,007	<0,001
69	0,50	0,008	<0,0004	0,008	<0,010	<0,002
70	0,60	0,015	0,0006	0,005	<0,008	<0,002
71	0,68	0,009	<0,0003	0,007	<0,007	<0,002
72	0,98	0,009	<0,0002	0,008	<0,005	0,002
73	0,95	0,011	<0,0002	0,013	<0,005	0,002

Рис. 8 Хвостохранилище Наатак



Рис. 9 Хвостохранилище Наатак







Данный отчет был подготовлен и опубликован как часть проекта при финансовой поддержке Министерства иностранных дел Чешской республики в рамках Программы по содействию в преобразованиях. Данная публикация является частью проекта «За чистое развитие Туманянского района», реализуемого Программой по токсичным веществам и отходам - Arnika, общественной организацией «Центр общинной мобилизации и содействия» (CCMS) и Информационной общественной организацией «ЭкоЛур» (EcoLur). Данный отчет был осуществлен также благодаря поддержке фонда Global Greengrants.



TRANSITION

