

# Содержание тяжелых металлов в почве, продуктах питания и человеческих волосах в горно-металлургических общинах Алаверди и Ахтала Лорийской провинции Армении

Автор: Вацлав Мах

Соавторы: Валерия Гречко, Ян Матуштик, Йитка Стракова



# Содержание тяжелых металлов в почве, продуктах питания и человеческих волосах в горно-металлургических общинах Алаверди и Ахтала Лорийской провинции Армении

**Автор:** Вацлав Мах

**Соавторы:** Валерия Гречко, Ян Матуштик, Йитка Стракова

Этот отчет был подготовлен и опубликован в рамках проекта «Расширение прав и возможностей гражданского общества в Алаверди и Ахтала в решении проблем промышленного загрязнения» при финансовой поддержке Министерства иностранных дел Чешской Республики в рамках программы по содействию в преобразованиях. Данная публикация была осуществлена также благодаря фонду Global Greengrants Fund.

Проект был реализован в рамках программы Arnika - Токсичные вещества и отходы, расположенной в Праге, Чешская Республика, программой «Центр общественной мобилизации и поддержки» (CCMS), расположенную в Алаверди, Армения, и программой «Ecolur», расположенной 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.

Arnika – Программа по токсичным веществам и отходам, ул.

Делница 13, CZ 170 000, Прага 7, Чешская республика

Тел.: + 420 774 406 825

«Центр общественной мобилизации и поддержки» (CCMS),

Саят Нова 14/35, Алаверди, Армения

Тел.: +374 98 935053

Ecolur – ул. Ханрапетунян. 49/2, Ереван, Армения

Тел.: + 374 105 620 20

Графический дизайн: Павел Ялошевски



# **Содержание тяжелых металлов в почве, продуктах питания и человеческих волосах в горно-металлургических общинах Алаверди и Ахтала Лорийской провинции Армении**

*Mgr. et Mgr. Václav Mach, Ph.D.*

*Bc. Valeriya Grechko*

*Bc. Jan Matuščík*

*Mgr. Jitka Straková*

## **Краткое содержание**

Данное исследование было нацелено на мониторинг и оценку загрязнения тяжелыми металлами в горно-металлургических общинах Алаверди и Ахтала Лорийской провинции на северо-востоке Армении. Был проведен анализ проб почвы, продуктов питания (домашних овощей, фруктов и меда) и человеческих волос с целью исследования распространения промышленного загрязнения, принимая во внимание различные законодательные ограничения и потенциально опасные последствия для здоровья человека. Сбор проб был проведен в июле 2019 года в девяти фермерских хозяйствах на территории, которая охватывает близлежащие промышленные объекты в городе Алаверди (Алавердский медеплавильный комбинат) и в общине Ахтала (медный рудник и хвостохранилища). Объекты находятся вблизи реки Дебед. Эти предприятия могут быть потенциальными источниками загрязнения тяжелыми металлами не только близлежащих, но и более отдаленных территорий, .

В почвах исследуемого района были обнаружены повышенные уровни мышьяка, кадмия, меди, молибдена, никеля и свинца. Большинство отобранных проб могут считаться загрязненными. В некоторых случаях уровень загрязнения может представлять угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Концентрации тяжелых металлов в нескольких пробах почв превышают установленные в законодательном порядке стандарты, чаще в случае армянских лимитов содержания в почве, во многих случаях голландский, французский, чешский стандарты, а также лимиты загрязнений в непромышленных зонах, установленных **Агентством по охране окружающей среды (АООС) США**.

Концентрации тяжелых металлов в пробах указывают на загрязнения, вызванные промышленной переработкой меди. Согласно результатам, все предполагаемые потенциальные источники загрязнения (Алавердский медеплавильный комбинат, рудники в Ахтале и хвостохранилища) являются угрозой для окружающей среды. Анализ с использованием программного обеспечения Risk-Integrated Software for Cleanups (RISC) показал, что наиболее опасным тяжелым металлом в области является мышьяк, а также кадмий. Высокие концентрации тяжелых металлов в садовых почвах указывают на антропогенное загрязнение, которое может оказывать опасное воздействие на здоровье местного населения.

В пробах фруктов и овощей были выявлены максимальные уровни кадмия и свинца, установленные ФАО / ВОЗ и Европейским союзом для пищевых продуктов. Согласно требованиям безопасности пищевых продуктов, установленным Приказом министра здравоохранения Армении, максимально допустимый уровень кадмия превышен в образце листового овоща (Мальва) . В целом, не было обнаружено значительно высших уровней содержания тяжелых металлов в овощах и фруктах, по сравнению с другими исследованиями того же района добычи, за исключением одной пробы (Мальва). Расчеты показывают, что ни один из тяжелых металлов при потреблении смеси исследуемых пищевых продуктов не превышает контрольного значения целевого коэффициента опасности.

Из тринадцати образцов волос, взятых в районе добычи, большинство показывает хорошие или нормальные результаты, сопоставимые с другими исследованиями в мире, посвященными изучению загрязнения тяжелыми металлами. Одна проба содержит значительно более высокую концентрацию ртути, но всё же ниже рекомендуемой контрольной дозы 1,0 мг / кг (согласно США), которую нельзя превышать у женщин детородного возраста. Три образца волос из одного фермерского дома, расположенного в селе Акори, содержали повышенные уровни никеля, по сравнению с уровнями никеля в исследованиях, проведенных в различных местах по всему миру.

Следует проводить постоянный экологический мониторинг для контроля уровня тяжелых металлов и помогать в реализации стратегий по снижению воздействия загрязнения на жителей. Необходимо провести подробные исследования для общей оценки рисков, связанных с тяжелыми металлами для здоровья, принимая во внимание не только неблагоприятные последствия для здоровья, вызванные употреблением в пищу овощей, но также и другие пути воздействия. Кроме того, в дополнение к волосам важно контролировать наличие тяжелых металлов в других тканях человека. Дабы снизить риски для здоровья, следует уделять первостепенное внимание осведомленности общества по этому вопросу, их обучению по возможностям снижения рисков и участия в решении проблем. В случае, если стандарты ВАТ / ВЕР еще не применяются в горно-металлургической промышленности, мы можем порекомендовать их соблюдение, это может снизить дополнительные нагрузки воздействия тяжелых металлов на здоровье местных жителей.

Этот документ был подготовлен при финансовой поддержке Министерства иностранных дел Чешской Республики в рамках программы по содействию в преобразованиях.

## Содержание

1. Введение
  2. Местность
  3. Методология
    - 3.1 Сбор проб
    - 3.2 Аналитические методы
    - 3.3 Оценка риска почв для здоровья
    - 3.4 Оценка риска продуктов питания для здоровья
  4. Результаты
  5. Дискуссия
    - 5.1 Правовые стандарты
    - 5.2 Оценка содержания тяжелых металлов в почве
    - 5.3 Оценка загрязнения тяжелыми металлами с использованием RISC
    - 5.4 Оценка содержания тяжелых металлов в продуктах питания
    - 5.5 Оценка содержания тяжелых металлов в волосах
  6. Заключение
  7. Ссылки
- Приложение I: Список проб
- Приложение II: Результаты
- Приложение III: Некарценогенный риск для здоровья людей, связанный с тяжелыми металлами
- Приложение IV: Расчетное суточное потребление оцениваемых тяжелых металлов через потребление продуктов питания

## 1. Введение

Загрязнение тяжелыми металлами характерно для всего мира. Несмотря на то, что тяжелые металлы являются естественными компонентами земной коры, некоторые виды деятельности человечества, такие как добыча полезных ископаемых и переплавка, привели к увеличению концентрации тяжелых металлов в окружающей среде.<sup>i</sup> В некоторых районах концентрации тяжелых металлов достигли потенциально опасного уровня. Помимо добычи и выплавки, такие источники, как выбросы автотранспорта, промышленные отходы и использование удобрений, могут способствовать накоплению тяжелых металлов в почве, атмосфере и поверхностных водах.<sup>ii</sup> Различные тяжелые металлы могут оказывать вредное воздействие на организм человека, оказывая токсическое и канцерогенное воздействие и вызывая окислительное разрушение биологических макромолекул.<sup>iii</sup> Воздействие загрязнений тяжелыми металлами является одной из основных проблем окружающей среды и здоровья населения.

Данное исследование сфокусировано на представлении и оценке данных, связанных с загрязнением тяжелыми металлами на горнодобывающих территориях в окрестностях общин Алаверди и Ахтала Лорийской области в Армении. В этом горно-металлургическом регионе развито сельское хозяйство. Продукты растительного происхождения являются в регионе основным источником питания. В связи с тем, что в исследуемом регионе потребление местных продуктов растительного происхождения в общем рационе высокое, контроль тяжелых металлов в потребляемых продуктах питания можно рассматривать как эффективный инструмент оценки риска для здоровья, одновременно с предоставлением соответствующей информации о любых угрозах и рисках в отношении воздействия тяжелых металлов. Предыдущие исследования, проведенные в горнодобывающем регионе, выявили загрязнение тяжелыми металлами в различных сегментах окружающей среды. Эти работы были посвящены загрязнению почвы<sup>iv v vi</sup>, концентрации тяжелых металлов в реке Дебед и их влиянию на водную флору и фауну<sup>vii viii</sup>, уровням тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах<sup>ix x</sup> и трудностям местного населения, связанным с загрязнением тяжелыми металлами<sup>xi xii xiii</sup>. Речная экосистема в водосборном бассейне реки Дебед подвергалась загрязнению горнодобывающими и металлургическими предприятиями, из-за недостаточного управления промышленными отходами и сточными водами, содержащими тяжелые металлы в такой степени, которая бы могла представлять опасность для здоровья водных организмов и людей. Более того, концентрации микроэлементов во фруктах и овощах показали, что некоторые микроэлементы (Cu, Ni, Pb, Zn) превышают максимально допустимые лимиты, установленные международными организациями.<sup>xiv</sup> Обсуждались потенциальные источники загрязнения: Алавердский медеплавильный комбинат, медный рудник в Ахтале и Техутский медно-молибденговый рудник в общине Шнох, а также хвостохранилища в Ахтале, Техуте и Мец Айруме. Исследование дополняет и продолжает работу ранее опубликованных исследований, и дополняет их новыми результатами с территорий, которые ранее не отслеживались.

Данное исследование было проведено с целью оценки рисков для здоровья человека, создаваемых тяжелыми металлами в результате потребления овощей и фруктов, выращенных в горно-металлургическом регионе. . Пробы овощей и фруктов были отобраны в 9 хозяйствах в окрестностях общин Алаверди и Ахтала, где данные продукты являются источником питания для проживающих там семей. Также были взяты и проанализированы наборы экологических и биологических проб в 9 хозяйствах. Пробы почвы отбирались в огородах и садах на территориях девяти хозяйств. Биологические образцы включали овощи и фрукты, выращенные в хозяйствах, волосы проживающих там людей, и мед от двух пчеловодов, которые живут вблизи исследуемой территории. Экологические и биологические пробы были проанализированы на содержание в них тяжелых металлов. Результаты анализа представлены

в этом исследовании. Целью исследования является наблюдение присутствия тяжелых металлов в окрестностях промышленных зон и их анализ воздействия как на здоровье человека, так и на качество окружающей среды.

Анализ тяжелых металлов был проведен во всех пробах почвы и волос, а также в большинстве проб фруктов и овощей. Ввиду ограниченных финансовых ресурсов, анализ содержания тяжелых металлов был проведен не у всех проб продуктов. Пробы почвы, овощей и фруктов, меда и волос человека были проанализированы на содержание тяжелых металлов (ртути, мышьяка, кадмия, меди, молибдена, никеля, свинца и хрома). Анализ проб почвы проводился в Химико-технологическом университете в Праге (Чешская Республика); пробы меда, овощей и фруктов были проанализированы Национальным институтом общественного здравоохранения в Праге (Чешская Республика); пробы человеческих волос были проанализированы Национальным институтом общественного здравоохранения в Устинад-Лабем (Чешская Республика).

## **2. Местность**

Область исследования находится в окрестностях общин Алаверди и Ахтала, которые расположены в провинции Лори в северо-восточной части Армении, недалеко от границы с Грузией. Община Алаверди расположена вдоль берега р. Дебед в ущелье Малой Кавказской цепи, на высоте 750–1400 м. Один из районов города расположен над ущельем, а другие районы города расположены вдоль реки, протекающей по ущелью. Население города составляет около 11 000 человек (2016 год). Ахтала - исторический город, расположенный в 10 км к северо-востоку от Алаверди, у подножия горы Лалвар. Как и в Алаверди, один из городских районов отделен и расположен на холме в направлении южной части города. Город находится недалеко от р. Шамлуг, которая впадает в р. Дебед. Население Ахталы составляет около 1300 человек (2016 год).

В связи с географическим положением, гипсометрическими колебаниями, атмосферной циркуляцией и сложным горным рельефом бассейна р. Дебед, в этом районе сравнительно мягкий и влажный климат. Также в связи с геологическим и гидрогеологическим строением, характеристиками рельефа и сильными осадками водосбора Дебеда, регион характеризуется плотной гидрографической сетью. Источники питания рек в этом районе составляют снег, дождь и грунтовые воды. Река Дебед характеризуется нестабильным режимом стока и большими колебаниями уровня воды.

Потенциальными источниками загрязнения в непосредственной близости от муниципальных общин являются Алавердский медеплавильный комбинат, медный рудник и хвостохранилища в общине Ахтала, включая село Мец Айрум. Эти объекты могут быть потенциальными источниками проникновения тяжелых металлов в окружающую среду. Основное загрязнение из шахт обусловлено кислотным дренажом. Медеплавильный завод способствует загрязнению окружающей среды за счет выбросов в атмосферу через дымовые трубы, сточные воды, а также через твердые выбросы (шлак). Загрязнения при должной эксплуатации и конструкции хвостохранилища, не должны образовываться. Тем не менее, регулярно происходит утечка хвостов, либо из-за аварий на хвостопроводе, неправильной эксплуатации хвостохранилища, или в случае, когда хвосты сбрасываются в близлежащий водоток, чтобы хвостохранилище не переполнялось, что нарушает нормы эксплуатации.

Металлургический завод в Алаверди управляется в настоящее время российским банком ВТБ, который приобрел за долги это предприятие у ЗАО «Армениян Капр програм», входящее в группу компаний Vallex. Алавердский медеплавильный комбинат способен производить

около 12 000 тонн черновой меди в год. Пик производства был достигнут в 1980-х годах, когда ежегодно производилось 55 000 тонн рафинированной меди.<sup>xv</sup> Дымовая труба комбината перенесена с территории города в лесную территорию Лалварского лесного хозяйства, выше не несколько сотен метров, чем ранее, и распространяется в большей части города и в окрестных селах. Metallургический комбинат является потенциальным производителем и источником тяжелых металлов. Работа медеплавильного завода была приостановлена с октября 2018 года из-за неуплаты долгов компанией «Армениан Капр програм» банку ВТБ. Предприятие перешло в собственность банка в счет залога.

В расширенной общине Ахтала (городской поселок Шамлух) находится Шамлухское медное месторождение. Руда перерабатывается на Ахталинском горно-обогатительном комбинате. Хвосты сбрасываются в Нахатакское хвостохранилище, расположенное в 300 м от близлежащего дома в селе Мец Айрум. Предприятие ранее эксплуатировало два других хвостохранилища, которые считаются закрытыми, но в действительности, имеют смывы с поверхности в результате дождей и других осадков. Смывы и утечки хвостов, кислотный дренаж, а также скопления отвалов и пустых пород являются потенциальными источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Жители сообщают о случаях загрязнения воды для орошения, и, даже, питьевой воды контаминантами, имеющими желтый, или синеватый оттенок. Местные жители также утверждают, что страдают от частых тошнот, головных болей, говорят, что участились случаи раковых заболеваний<sup>xvi</sup>.

В рамках проекта были собраны пробы из девяти хозяйств, расположенных в интересующем нас регионе области. На этих участках были отобраны пробы почвы, растительных продуктов питания и человеческих волос. Посещенные фермы расположены в восьми муниципальных населенных пунктах: Алаверди, Ахтале, Акори, Санаине, Шамлухе, Ахпате, Мец Айруме и Чочкане. Места отбора проб представлены в таблицах 17, 18 и 19 в списках проб в Приложении I. Точные координаты GPS мест отбора образцов не указаны, дабы сохранить анонимность участников, которые сотрудничали во время отбора проб.

### **3. Методология**

#### **3.1 Сбор проб**

Отбор проб проводился согласно составленному плану отбора проб, охватывающий девять участков, находящихся вблизи потенциальных источников загрязнения, с использованием результатов предыдущих исследований в комбинации с использованием системы Google Earth и отчетов местных активистов. В июле 2019 года были взяты пробы почв и продуктов питания из частных огородов и фруктовых садов. С каждого места были отобраны: одна проба почвы, от двух до пяти проб фруктов или овощей. Также были отобраны от одной до трех проб человеческих волос непосредственно у людей, проживающих в частных домах. Были отобраны две пробы пчелиного меда от двух пчеловодов, чьи пасеки находятся поблизости к потенциальным источникам загрязнения.

Всего на исследуемых участках было отобрано 9 проб почвы, 30 проб фруктов и овощей, 2 пробы меда и 13 проб волос. Четыре растительные пробы не были проанализированы по причине ограниченных финансовых ресурсов. Подробные списки проанализированных образцов представлены в таблицах 17, 18 и 19 в приложении I.

Пробы почв были взяты в виде смеси проб из пяти точек, образующих квадратную форму на каждом участке отбора проб. Пробы отбирались стальным шпателем из верхнего слоя почвы, из которого был удален потенциальный растительный покров. Пробы гомогенизировали в стальной чаше, затем были перенесены в полиэтиленовые контейнеры (250 мл) с завинчивающимися крышками. Смесь проб гомогенизировали в стальном сосуде, после

чего у некоторых образцов проводилась квартация. После каждого отбора проб все оборудование очищали водопроводной водой. Пробы сначала хранили в сухом месте при нормальной температуре, после транспортировки в лабораторию, пробы хранились до анализа в холодильнике.

Всего было отобрано 15 видов растений, в том числе восемь видов фруктов, один вид бобов, один вид луковичных овощей, три вида корневых и клубневых овощей и два вида травяных или листовых растений. Дополнительная информация о пробах фруктов и овощей приведена в Таблице 18, Приложение I. Растения выращивались в садах и огородах исследованных частных хозяйств. Несколько подвыборок одного и того же вида растений были случайным образом взяты из всех отобранных приусадебных участков для формирования обеспечения их репрезентативности. Пробы изначально хранили в сухом месте в холодильнике. Во время транспортировки в лабораторию их помещали в холодильную камеру, где они хранились перед анализом.

Человеческие волосы были взяты у людей, проживающих на исследованных участках и употребляющих выращиваемые ими растительные продукты. Вся соответствующая информация была занесена в анкеты, которые являются частью каждого протокола отбора проб. Предоставленная информация является конфиденциальной, если донор не согласен с ее публикацией, и, следовательно, пробы были проанализированы анонимно, с использованием единственной информацией, необходимой для правильной оценки результатов. Эта информация включает в себя то, как часто донор употребляет рыбу, если он курит или живет в присутствии курильщика, состояние волос (окрашенные, неокрашенные). Данная информация приведена в таблице 19, Приложение I. Пряди волос были отобраны из затылочной области головы как можно ближе к коже.

### **3.2 Аналитические методы**

Химический анализ определения концентрации тяжелых металлов (As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, Cr) в почве проводился в минерализованных пробах с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии. Перед анализом образцы гомогенизировали и репрезентативную часть (20 г) использовали для определения сухой массы гравиметрическим методом. Другая репрезентативная часть была взята для анализа тяжелых металлов с помощью процедуры минерализации. Аналитическая процедура, используемая для минерализации, была следующей: 15 г образца помещали в емкость с 100 мл дистиллированной воды, 30 мл концентрированной азотной кислоты и 10 мл концентрированной соляной кислоты. Смесь кипятили в течение 2 часов. Затем после охлаждения его фильтровали через рифленую фильтровальную бумагу. Отфильтрованные растворы использовали для определения тяжелых металлов с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с использованием микроволнового плазменного атомно-эмиссионного спектрометра (Agilent TechNetlogies). Анализы проводились в Химико-технологическом университете в Праге.

Тяжелые металлы (Hg, As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb) в пробах пищевых продуктов (овощи, фрукты и мед) и волос были проанализированы Национальным институтом здравоохранения Чешской Республики в Праге с использованием индуктивно связанной плазмы масс-спектрометрии ICP-MS), уровень ртути определяли с помощью атомно-абсорбционного спектрометра АМА-254.

### **3.3 Оценка риска почв для здоровья**

Оценка риска для здоровья основана на предположении, что при определенных условиях существует риск причинения вреда здоровью, а степень риска от нуля до максимума

определяется видом деятельности, продолжительностью пребывания в этом месте и условиями окружающей среды. Нулевой риск для здоровья не является возможным; однако риск повреждения должен быть сведен к минимуму до приемлемого уровня с точки зрения рисков для здоровья и окружающей среды. Чтобы определить степень риска, необходимо уточнить наиболее важные транспортные пути, затем определить сценарии воздействия для потенциально находящихся под угрозой получателей. Существует два подхода к оценке дозовых эффектов - для веществ с пороговым (неканцерогенным) и не пороговым (канцерогенным) эффектом.

В случае веществ с неканцерогенным эффектом, считается, что процессы восстановления организма могут успешно справляться с воздействием токсического вещества, но только до определенной дозы, выше этой дозы эффект уже очевиден. Пороговое значение, известное как NOAEL (No Observed Adverse Effect Level), представляет собой уровень воздействия, при котором нежелательные эффекты не наблюдаются. В качестве альтернативы можно использовать значения LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level). Это значение соответствует самым низким уровням доз, при которых наблюдаются негативные последствия для здоровья. ADI (Acceptable Daily Intake) и RfD (Reference Dose) определяются с использованием значений NOAEL или LOAEL и соответствующих UF (Uncertainty Factors) или MF (Modifying Factors). Эти факторы должны компенсировать неопределенность и изменчивость при определении значений NOAEL или LOAEL. Результаты расчета (ADI или RfD) обычно намного ниже, чем NOAEL или LOAEL, и представляют собой оценку суточного воздействия на население (включая чувствительные группы населения), которое, скорее всего, не представляет риска неблагоприятных последствий для здоровья человека, даже если это длится на протяжении всей жизни. В случае канцерогенных веществ предполагается, что не существует такого понятия, как доза, которая не вызывала бы изменений на молекулярном уровне и впоследствии приводила бы к развитию злокачественного заболевания. Для оценки доза-эффект связи используют параметр SF (Slope Factor), который указывает возможный верхний предел вероятности злокачественного заболевания на единицу средней суточной дозы, полученной в течение жизни.<sup>xvii</sup>

Для расчета риска воздействия веществ с неканцерогенным эффектом сравнивают полученную и поглощенную дозу с приемлемой токсикологической потребностью вещества (т.е. RfD - Reference Dose). Уровень риска представляет собой коэффициент риска HQ (Hazard Quotient). Расчет производится согласно уравнению:

$$HQ = \frac{E}{RfD}$$

E – параметр среднесуточной дозы ADD (Average Daily Dose), или среднесуточная доза в течение жизни LADD (Lifetime Average Daily Dose), или хроническое суточное потребление CDI (Chronic Daily Intake) (мг/кг.день);

RfD – Reference Dose (мг/кг.день).

Расчеты для веществ с кардиогенными свойствами используют ELCR - Excess Lifetime Cancer Risk parameter (безразмерный показатель, соответствующий вероятности развития рака при пожизненном воздействии, который можно описать следующим уравнением):

$$ELCR = CDI \cdot SF \quad ELCR = LADD \cdot SF$$

CDI – хроническое суточное потребление. или среднесуточная доза в течении жизни (LADD), при относительной продолжительности жизни 70 лет (мг/кг.день);

SF – Slope Factor (мг/кг.день).

Risk-Integrated Software for Cleanups (RISC) is - это пакет программного обеспечения, разработанный для оценки рисков для здоровья людей находящихся на загрязненных территориях. Он может включать до четырнадцати возможных путей воздействия и рассчитывать риски, связанные с ними, как канцерогенными, так и неканцерогенными.

**Таблица 1: Группы, классифицированные Международным агентством по исследованию рака (IARC).**<sup>xviii</sup>

Группа 1	Канцерогенно для людей	мышьяк и неорганические соединения мышьяка
Группа 2А	Вероятно канцерогенно для людей	неорганические соединения свинца
Группа 2В	Возможно канцерогенно для людей	свинец
Группа 3	Не классифицируется в отношении его канцерогенности для человека	органические соединения свинца
Группа 4	Вероятно неканцерогенно для людей	

### 3.4 Оценка риска продуктов питания для здоровья

Расчетное суточное потребление (EDI) и целевой коэффициент опасности (THQ) были рассчитаны аналогично исследованиям последних лет, в которых изучались концентрации тяжелых металлов в том же районе. Расчетное суточное потребление (EDI) тяжелых металлов людьми было рассчитано с использованием приведенного уравнения, рекомендованным Агентством по охране окружающей среды США.<sup>xix</sup>:

$$EDI = \frac{(C \cdot IR \cdot EF \cdot ED)}{(BW \cdot AT)}$$

где EDI - среднесуточное потребление или доза принимаемая во внутрь (мг / кг массы тела / сутки); C - концентрация микроэлемента в среде воздействия (мг / кг); IR – суточный прием пищи (кг / день); EF - частота употребления (день / год), используемые значения IR и EF для каждого пищевого продукта приведены в Таблице 2; ED - длительность воздействия (было установлено 63,6 для мужчин и 69,7 для женщин на основе средней продолжительности жизни, начиная с 8-летнего возраста); BW - масса тела (кг). Вес тела мужчин и женщин считался 70 и 60 кг соответственно; AT - период времени, за который усредняется доза (365 дней, умноженное на количество лет воздействия). Кумулятивные суточные поступления были рассчитаны как сумма отдельных значений EDI для каждого микроэлемента.

**Таблица 2: Показатели суточного приема пищи и частота употребления используемые для расчета EDI.**

Продукт	Суточный прием пищи [кг/день]	Частота употребления [день/год]
Лесной орех	0.1	24
Фасоль	0.2	100
Картофель	0.2	100
Мальва	0.02	30

Лук	0.1	100
Нектарин	0.2	60
Инжир	0.1	60
Слива	0.2	60
Базилик	0.005	100
Кизил обыкновенный	0.1	30
Персик	0.2	60
Свекла	0.2	100
Морковь	0.2	100
Яблоко	0.2	60
Мед	0.01	100

Риск для здоровья человека из-за воздействия микроэлементов может быть выражен указателем THQ. THQ, указатель касающийся риска, связанного с неканцерогенным эффектом вещества. Определяется отношением среднего EDI, возникающего в результате воздействия окружающей среды, к пероральной контрольной дозе (RfD) согласно определенному пути и химическому веществу.

$$THQ = \frac{EDI}{RfD}$$

Применяемая RfD для никеля, молибдена, мышьяка и кадмия составляла 0,02, 0,005, 0,0003 и 0,001 мг / кг веса тела /день, соответственно. Принимая во внимание предварительное допустимое недельное потребление, показатель RfD для свинца составлял 0,0035 мг/кг/BW/день.<sup>xx</sup> Для неорганической ртути учитывалось допустимое недельное потребление (0,004 мг/кг/BW/день).<sup>xxi</sup> Диетическое справочное потребление (0,01 мг/кг/BW/день) использовалось в качестве показателя RfD для меди.<sup>xxii</sup> Если значение THQ составляло менее 1, риск неканцерогенной токсичности считался низким. В случае превышения 1, появляются опасения по поводу потенциальных рисков для здоровья, связанных с чрезмерным воздействием. Дабы оценить общий потенциальный риск неблагоприятных последствий для здоровья, вызванных более чем одним металлом, отдельные показатели THQ суммируются для получения индекса опасности (HI) смеси загрязняющих веществ. HI относится к сумме более чем одного THQ для нескольких веществ.<sup>xxiii</sup>

#### 4. Результаты

Сводные результаты содержания тяжелых металлов в почвах, продуктах питания и волосах приведены в таблицах 3, 4 и 5 соответственно. Все результаты аналитических измерений проб приведены в таблицах 20, 21 и 22 в приложении II.

**Таблица 3: Сводная таблица концентраций тяжелых металлов в пробах почв.**

	Мышьяк [мг/кг DW]	Кадмий [мг/кг DW]	Медь [мг/кг DW]	Молибден [мг/кг DW]	Никель [мг/кг DW]	Свинец [мг/кг DW]	Хром [мг/кг DW]
<b>мин</b>	27.85	0.29	98.80	0.33	11.36	10.34	12.88
<b>макс</b>	146.80	12.90	7737.32	5.87	58.42	173.74	67.63
<b>среднее</b>	52.47	2.51	1289.91	2.14	40.84	77.53	43.24
<b>CO</b>	37.28	4.05	2476.96	1.81	13.65	55.10	14.09

**Таблица 4: Сводная таблица концентраций тяжелых металлов в пробах продуктов питания.**

	Ртуть [мг/кг FM]	Мышьяк [мг/кг FM]	Кадмий [мг/кг FM]	Медь [мг/кг FM]	Молибден [мг/кг FM]	Никель [мг/кг FM]	Свинец [мг/кг FM]
<b>мин</b>	<0.001	<0.01	<0.005	0.15	<0.005	<0.05	<0.05
<b>макс</b>	0.001	0.07	0.03	6.81	8.85	0.61	0.22
<b>среднее</b>	0.0001	0.02	0.00	1.22	1.06	0.10	0.01
<b>СО</b>	0.0003	0.03	0.01	1.31	2.27	0.13	0.04

**Таблица 5: Сводная таблица концентраций тяжелых металлов в пробах волос.**

	Ртуть [мг/кг ]	Мышьяк [мг/кг ]	Кадмий [мг/кг ]	Медь [мг/кг ]	Молибден [мг/кг ]	Никель [мг/кг ]	Свинец [мг/кг ]
<b>мин</b>	0.021	<0.1	0.01	7.8	<0.5	<1	0.21
<b>макс</b>	0.65	0.14	0.07	16.3	<0.5	45.1	1.58
<b>среднее</b>	0.113	0.14	0.03	10.58	<0.5	16.31	0.76
<b>СО</b>	0.166	0.04	0.02	4.54	0.00	15.73	0.50

## 5. Дискуссия

Прежде всего, в этой главе представлены различные правовые стандарты и вспомогательные критерии оценки содержания тяжелых металлов в почвах и продуктах питания. Концентрации тяжелых металлов, содержащиеся в почвенных пробах, сравниваются с законодательно принятыми стандартами и общепринятыми показателями. Кроме того, у почвенных проб были рассчитаны канцерогенные и неканцерогенные риски, связанные с тяжелыми металлами. Концентрации тяжелых металлов, определенные в пробах пищевых продуктов, сравниваются с соответствующими правовыми стандартами и уровнями, которые были измерены в предыдущих исследованиях. Таким же образом, оцениваются уровни тяжелых металлов в пробах волос.

### 5.1 Правовые стандарты

Ввиду того, что присутствие некоторых элементов в неорганических и органических матрицах в различных концентрациях является естественным явлением, не может быть четкого способа определения порога загрязнения. Разные регионы имеют свой геохимический фон. Основные различия в разграничении загрязненных и чистых районов определяются медицинскими исследованиями, оценивающих изменения в состоянии здоровья человека. Однако региональное законодательство является обязательным. Поэтому были использованы предельные концентрации из несколько методик, для сравнения с результатами проб, чтобы получить представление о местных уровнях загрязнения.

Концентрации тяжелых металлов в пробах почвы и наносов сравнивались с армянскими стандартами почвы (Приказ № 01-N от 25 января 2010 года министра здравоохранения Республики Армения «Об утверждении санитарных правил и норм N 2.1.7.003-10 Санитарные требования к качеству земли»). Армения имеет один из самых строгих ограничений (наряду с Россией) в отношении загрязнения почвы. Для сравнения приведены французские и голландские почвенные стандарты. Значения чешских показателей загрязнения, показанные в таблице 6, взяты из Чешского Указа № 153/2016 выдан Министерством сельского хозяйства, в котором указывается качество и защита сельскохозяйственных почв. Эти индикаторы показывают уровни, превышение которых

может представлять угрозу здоровью человека и животных (As, Cd, Hg, Pb) или росту и продуктивности растений (Cu, Ni).

Концентрации загрязняющих веществ в почвенных пробах также сравнивались с региональными уровнями скрининга (RSL) АООС США. Региональные уровни скрининга были получены Агентством по охране окружающей среды США для некоторых соединений, имеющих регистрационный номер CAS. RSL содержат информацию о концентрациях химических соединений в окружающей среде (почва, наносы, вода и воздух). Эти уровни были получены с использованием параметров воздействия и факторов, представляющих максимально обоснованное хроническое воздействие. Это воздействие основано на прямом контакте с целевыми соединениями. Если RSL превышены, следует провести дальнейшую проверку или устранение загрязнения. При использовании RSL следует учитывать некоторые специфические особенности, такие как содержание некоторых веществ в результате геологических условий в регионе. Существуют две категории RSL – территория, используемая для промышленных целей, и территория, используемая для других целей (проживание, отдых или ведение сельского хозяйства).

Для оценки состояния фруктов и овощей были использованы предельные уровни содержания тяжелых металлов. Регламент Европейской комиссии № 1881/2006, устанавливающий максимальные уровни содержания загрязняющих веществ в пищевых продуктах, регулирует предельный уровень содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах на европейском рынке. Однако этот регламент устанавливает только максимальный уровень для кадмия и свинца, для других тяжелых металлов концентрации не приведены. Точно так же *Кодекс Алиментариус: Общий стандарт для загрязняющих веществ и токсинов в пищевых продуктах и кормах* ФАО/ВОЗ устанавливает максимальные уровни в различных растительных культурах и фруктах также только для двух вышеуказанных тяжелых металлов. Национальное законодательство Армении включает предельно допустимые уровни для большего количества тяжелых металлов и приведено в Приказе министра здравоохранения Армении, утверждающем Требования безопасности пищевых продуктов (Таблица 9).

Концентрации тяжелых металлов, определенные в пробах почв и пищевых продуктов, сравнивались с максимально допустимыми или контрольными концентрациями, определенными в постановлениях, законах или нормах. Различные правовые критерии или контрольные уровни содержания тяжелых металлов для почв представлены в таблицах 6. Максимальные уровни содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах, определенные для рынка в Европейском союзе, ФАО / ВОЗ в Кодексе Алиментариус и в Армении, представлены в таблицах 7, 8, и 9 соответственно.

**Таблица 6: Правовые стандарты, касающиеся проб почв.**

Правовой стандарт	Мышьяк [мг/кг DW]	Кадмий [мг/кг DW]	Медь [мг/кг DW]	Молибден [мг/кг DW]	Никель [мг/кг DW]	Свинец [мг/кг DW]	Хром [мг/кг DW]
Армянский стандарт почвы <sup>xxiv</sup>	2	NA	3	NA	4	32	6
Французский стандарт почвы	37	20	190	NA	NA	400	NA
Голландский стандарт почвы	34	1.6	40	254	38	140	100

<b>Чешский стандарт почвы</b> <small>xxv</small>	40	20	300	NA	200	400	NA
<b>Лимит загрязнения – индустриальные зоны (АООС США)<sup>xxvi</sup></b>	2.4	800	41,000	5,100	20,000	800	NA
<b>Лимит загрязнения – остальные зоны (АООС США)<sup>xxvii</sup></b>	0.61	70	31,000	390	1,500	400	NA

*Таблица 7: Максимальные уровни содержания тяжелых металлов, используемых у пищевых продуктов, размещенных на рынке Европейского Союза. Концентрации тяжелых металлов выражаются в мг / кг сырой массы [мг / кг FM]<sup>xxviii</sup>*

<b>Продукты питания</b>	<b>Ртуть [мг/кг FM]</b>	<b>Мышьяк [мг/кг FM]</b>	<b>Кадмий [мг/кг FM]</b>	<b>Медь [мг/кг FM]</b>	<b>Молибден [мг/кг FM]</b>	<b>Никель [мг/кг FM]</b>	<b>Свинец [мг/кг FM]</b>
Овощи и фрукты, исключая корневую и клубневую овощи, листовую зелень, травы, свежая зелень, капусту, стеблевые овощи.	-	-	<b>0.05</b>	-	-	-	
Корневые и клубневые овощи (исключая сельдерей, пастернак, козлородник и хрен), стеблевые овощи (исключая сельдерей). Для картофеля максимум используется для очищенного картофеля.	-	-	<b>0.1</b>	-	-	-	
Листовая зелень, травы, капуста, сельдерей, пастернак, козлородник, хрен и некоторые грибы.	-	-	<b>0.2</b>	-	-	-	
Бобовые и злаки.	-	-		-	-	-	<b>0.2</b>
Овощи, исключая капусту, листовую зелень, травы. Для картофеля максимум используется для очищенного картофеля.	-	-		-	-	-	<b>0.1</b>
Капуста, листовая зелень, грибы.	-	-		-	-	-	<b>0.3</b>
Фрукты, исключая ягоды и мелкие фрукты.	-	-		-	-	-	<b>0.1</b>
Ягоды и мелкие фрукты	-	-		-	-	-	<b>0.2</b>

**Таблица 8: Максимальные уровни содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах, определенные ФАО/ВОЗ в Кодексе Алиментарииус: Общий стандарт для загрязняющих веществ и токсинов в пищевых продуктах и кормах. Концентрации тяжелых металлов выражаются в мг / кг свежей массы [мг / кг FM]<sup>xxix</sup>**

Продукты питания	Ртуть [мг/кг FM]	Мышьяк [мг/кг FM]	Кадмий [мг/кг FM]	Медь [мг/кг FM]	Молибден [мг/кг FM]	Никель [мг/кг FM]	Свинец [мг/кг FM]
Капустные овощи	-	-	0.05	-	-	-	0.1
Луковичные овощи	-	-	0.05	-	-	-	0.1
Плодовые овощи	-	-	0.05	-	-	-	0.05
Листовая зелень	-	-	0.2	-	-	-	0.3
Бобовые стручки	-	-	0.1	-	-	-	0.1
Зерна бобовых	-	-	0.1	-	-	-	0.2
Корневые и стеблевые овощи	-	-	0.1	-	-	-	0.1
Стеблевые овощи	-	-	0.1	-	-	-	-
Фрукты, исключая ягоды и мелкие фрукты	-	-	-	-	-	-	0.1

**Таблица 9: Максимальные допустимые уровни содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах в Армении<sup>xxx</sup>. Концентрации тяжелых металлов выражаются в мг / кг свежей массы [мг / кг FM]**

Продукты питания	Ртуть [мг/кг FM]	Мышьяк [мг/кг FM]	Кадмий [мг/кг FM]	Медь [мг/кг FM]	Молибден [мг/кг FM]	Никель [мг/кг FM]	Свинец [мг/кг FM]
Орехи	0.005	0.3	0.1	-	-	-	0.5
Овощи, фрукты	0.02	0.2	0.03	-	-	-	0.5

## 5.2 Оценка уровня содержания тяжелых металлов в почве

Одной из целей исследования было определить концентрацию тяжелых металлов в различных пробах почвы, отобранных на частных сельскохозяйственных участках в районе добычи полезных ископаемых в Армении, и сравнить измеренные данные с правовыми стандартами и концентрациями, упомянутыми в других исследованиях. Поскольку в Армении стандарты для тяжелых металлов в почве очень строгие, большое количество образцов (по факту почти все) не соответствует ограничениям Приказа № 01-N от 25 января 2010 года министра здравоохранения Республики Армения «Об утверждении Санитарных правил и норм N 2.1.7.003-10 для санитарных требований к качеству земли». Поэтому, было проведено еще одно сравнение с рекомендацией Агентства по охране окружающей среды США для непромышленных зон, и с французскими, голландскими и чешскими стандартами почвы, которые описывают защиту качества сельскохозяйственных почв. Поскольку рекомендация Агентства по охране окружающей среды США основана на рисках для здоровья, ее можно считать наиболее полезной из этих контрольных значений.

Общее среднее значение мышьяка для разных почв оценивается в 6,83 мг / кг. Фоновое содержание различных групп почв колеблется от <0,1 до 67 мг / кг. Диапазон содержания мышьяка в почвах в Соединенных Штатах широк: от <0,1 до 93 мг / кг, а среднее ? значение содержания мышьяка в верхних слоях почвы составляет 5,8 мг / кг. Содержание мышьяка составляет 9,7 мг / кг для поверхностных материалов на Аляске, а диапазон содержания мышьяка 4–15 мг / кг для незагрязненных почв в Канаде. Фоновое значение в Словакии - 7,2 мг / кг. Диапазон содержания мышьяка в почвах в Польше составляет 0,9–3,4 мг / кг. В почве Западной Сибири содержание мышьяка составляет от 18 до 32 мг / кг<sup>xxxii</sup>. Средняя концентрация мышьяка в образцах почвы (52,47 мг / кг DW) в несколько раз выше, чем в среднем по миру и в других странах, упомянутых выше. Кроме того, средняя концентрация мышьяка в почве более чем в три раза превышает среднюю концентрацию мышьяка в почве и пробах наносов, о которых сообщила Ассоциация Арника годом ранее<sup>xxxiii</sup>. Уровни мышьяка во всех образцах почвы превышали армянский стандарт почвы, и уровни загрязнения окружающей среды Агентства по охране окружающей среды США для непромышленных районов, а большинство из них (67%) превышали французские, голландские и чешские стандарты почвы (см.таблица 10). Высокие уровни мышьяка указывают на широко распространенное загрязнение мышьяком почвы частных садов. Этот факт, скорее всего, вызван не выбросом мышьяка из коренных пород, а результатом промышленного загрязнения. Для правильной оценки загрязнения мышьяком необходимы данные о естественном фоне, поскольку они могут значительно различаться.

Наши результаты соответствуют предыдущим исследованиям загрязнения почвы мышьяком, которые были классифицированы в общинах Алаверди и Ахтале как умеренные, или сильно загрязненные. Эти исследования<sup>xxxiii</sup> показали, что 75,5% образцов почвы превышают уровень её незагрязнения мышьяком в Алаверди и 3,2% образцов почвы - Ахтале. В Алаверди результаты говорят о большом влиянии выбросов медеплавильного завода на состояние воздуха. В Ахтале антропогенное влияние связано с производственной деятельностью.

Средняя мировая концентрация кадмия в почве оценивается в 0,41 мг / кг. Основным фактором, определяющим содержание кадмия в почвах, является исходный материал. Среднее содержание кадмия в почвах составляет от 0,2 до 1,1 мг / кг. Поверхностные почвы из основных районов сельскохозяйственного производства США содержат кадмий в диапазоне <0,01-2,0 мг / кг (среднее геометрическое значение 0,175 мг / кг). Содержание кадмия в эталонных почвах разных стран колеблется от 0,06 до 4,3 мг / кг. В почвах Сихотэ-Алиня (отдаленный регион России) содержание кадмия составляет от 0,2 до 1,14 мг / кг, причем наибольшая концентрация наблюдается в затопленных почвах. Относительно высокое содержание кадмия, до 8,9 мг / кг (в среднем 0,3 мг / кг), сообщается для некоторых верхних слоев почвы в Словацкой Республике.<sup>xxxiv</sup> Средняя концентрация кадмия в наших образцах почвы (2,51 мг / кг DW) в несколько раз выше, чем в среднем по всему миру и мировых диапазонах, упомянутых выше. Этот факт в основном связан с одной пробой почвы (АКН1-S-1) с высоким показателем (12,9 мг / кг DW), но также в других трех пробах почвы концентрация кадмия настолько высока, что выходит за пределы мирового диапазона. Все пробы почвы соответствуют уровням загрязнения окружающей среды АООС США для непромышленных зон, французским и чешским стандартам почвы, но две пробы (СНТ1-S-1 и АКТ1-S-1) превышают голландский стандарт почвы (Таблица 10). В армянском почвенном стандарте вообще не упоминается максимальный уровень кадмия в почве.

Общие значения среднего общего содержания меди в почвах разных групп по всему миру колеблются от 14 до 109 мг / кг. Содержание меди тесно связано с текстурой почвы и обычно является самым низким в легких песчаных почвах и самым высоким в суглинистых

почвах.<sup>xxxv</sup> Средняя концентрация меди в образцах почвы (1289,91 мг / кг DW) почти в двенадцать раз выше, чем самое высокое значение из среднего значения различных групп почв, упомянутых выше. Этот факт указывает на очень высокий уровень меди, который не может быть вызван только ее высоким содержанием в коренной породе. Все образцы почвы превышают армянские, голландские и французские стандарты почвы, а пять образцов превысили чешские стандарты почвы, но ни один из образцов почвы не превышает уровня загрязнения окружающей среды АООС США для непромышленных районов (Таблица 10).

Среднее содержание молибдена в почве по всему миру было установлено как 1,1 мг / кг (в диапазоне 0,9–1,8 мг / кг) и его значения довольно близки к его содержанию в земной коре.<sup>xxxvi</sup> Средняя концентрация молибдена в пробах почвы (2,14 мг / кг DW) более чем в два раза выше среднего мирового содержания, указанного выше. Уровни молибдена в наших четырех образцах почвы лежат вне диапазона всемирного естественного содержания в почве, упомянутого выше. Этот факт может быть объяснен более высоким фоном молибдена и его высвобождением из породы в результате горных работ. Ни один из образцов почвы не превышает голландский стандарт почвы и уровень загрязнения окружающей среды АООС США для непромышленных областей (Таблица 10).

Почвы во всем мире содержат никель в очень широком диапазоне. Это означает, что концентрации, о которых сообщается в различных странах, находятся в диапазоне 13–37 мг / кг.<sup>xxxvii</sup> Средняя концентрация никеля в пробах почвы (40,84 мг / кг DW) выше, чем всемирный диапазон уровней содержания никеля в почвах, упомянутых выше. Этот факт указывает на повышенный уровень никеля в почве исследуемых садов. Уровни содержания никеля во всех пробах почв превышали армянский стандарт почвы, и пять из них (56%) также превышали голландский стандарт почвы. Все пробы почв соответствуют уровням загрязнения окружающей среды АООС США для непромышленных районов и чешскому стандарту почвы для никеля (Таблица 10).

Общее среднее значение общего содержания свинца для разных почв оценивается в 27 мг / кг. Среднее фоновое содержание, приведенное для почв в разных странах, варьируется от 18 мг / кг в Швеции до 27 мг / кг в Китае<sup>xxxviii</sup>. Средняя концентрация свинца в пробах почвы (77,53 мг / кг DW) более чем в два раза выше, упомянутых выше. Этот факт указывает на повышенный уровень свинца в почвах исследуемых садов. Шесть проб почвы превышают уровень свинца в армянском почвенном стандарте и один образец почвы голландского почвенного стандарта. Все образцы почвы соответствуют уровням загрязнения окружающей среды АООС США для непромышленных районов и чешским и французским стандартам почвы для свинца (Таблица 10). Предыдущие исследования загрязнения почвы в общинах Алаверди и Ахтала обнаружили еще более высокий уровень загрязнения и показали, что уровень очистки свинца превышал 24,0% образцов почвы в Алаверди и 27,1% в Ахтале. Анализ в упомянутом исследовании показал, что в городе Алаверди количество свинца в значительной степени связано с близостью к металлургическому заводу и антропогенным происхождением свинца в жилой почве в Алаверди и Ахтале.

Среднее в мире содержание хрома в почвах было установлено как 60 мг / кг.<sup>xxxix</sup> Средняя концентрация хрома в пробах почвы (43,24 мг / кг DW) ниже, чем среднемировое значение, упомянутое выше. Все образцы почвы соответствуют армянскому стандарту почвы, но в то же время не соответствуют голландскому стандарту почвы (Таблица 10).

**Таблица 10: Количество проб почвы, превышающее любой из упомянутых правовых стандартов у каждого тяжелого металла. Пропорции выражены в скобках.**

Правовой стандарт	Мышьяк	Кадмий	Медь	Молибден	Никель	Свинец	Хром
Армянский стандарт почвы	9 (100%)	-	9 (100%)	-	9 (100%)	6 (67%)	0 (0%)
Французский стандарт почвы	6 (67%)	0 (0%)	9 (100%)	-	-	0 (0%)	-
Голландский стандарт почвы	6 (67%)	2 (22%)	9 (100%)	0 (0%)	5 (56%)	1 (11%)	9 (100%)
Чешский стандарт почвы	6 (67%)	0 (0%)	5 (56%)	-	0 (0%)	0 (0%)	-
Лимит загрязнения – промышленные зоны (АООС США)	9 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-
Лимит загрязнения – остальные зоны (АООС США)	9 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-

### 5.3 Оценка загрязнения почвы с использованием модели RISC

Пробы, собранные в горячих точках, были использованы для оценки риска для здоровья человека. На основе токсикологических данных была проведена оценка риска с использованием программного обеспечения RISC для пяти тяжелых металлов: мышьяка, ртути, кадмия, никеля и свинца. Пробы с результатами расчета рисков для здоровья человека, которые превысили  $10^{-6}$  для ELCR и 1 для HQ для детей или взрослых, представлены в таблицах 11, 12 и 13. Полный список результатов расчета рисков для здоровья человека ELCR и HQ для детей или взрослых представлены в таблицах 23, 24, 25 и 26 в приложении III.

Если канцерогенный риск (ELCR) составляет  $<10^{-6}$ , считается, что нет существенных неблагоприятных последствий для здоровья. Если он находится между  $10^{-6}$  и  $10^{-4}$ , неблагоприятные последствия могут возникнуть в будущем, и, таким образом, необходимо принимать во внимание факторы. Наконец, если он  $> 10^{-4}$ , риск является неприемлемым, и должны быть немедленно приняты серьезные меры. Коэффициент опасности (HQ)  $<1$  учитывает, что нет значительных неблагоприятных последствий для здоровья, тогда как  $HQ > 1$  подразумевает, что существуют потенциальные неблагоприятные воздействия на здоровье. Должно быть проведено больше исследований, чтобы определить любые ядовитые угрозы. Результаты основаны на стандартных расчетных коэффициентах, определенных в Risk-Integrated Software for Cleanups (RISC). Результаты относятся к средней численности населения.

Канцерогенные и неканцерогенные риски мышьяка для местных жителей через несколько путей воздействия были оценены для всех участков отбора проб. Эта оценка включала оценку воздействия мышьяка при проглатывании почвы (включая попадание пыли), кожном контакте и потреблении культур, выращенных на почве. Общие значения избыточного риска рака жизни на протяжении всей жизни для мышьяка находятся между  $10^{-6}$  и  $10^{-4}$  для детей во всех девяти образцах почвы и в восьми образцах почвы для взрослых. В этих случаях в будущем могут возникнуть неблагоприятные последствия, и поэтому необходимо

учитывать факторы. Канцерогенное воздействие мышьяка в почве является использование в пищу культур, выращенных на исследуемой почве, что является потенциально опасным, в основном, для детей (Таблица 11). Коэффициенты опасности (HQ), которые представляют неканцерогенные риски, связанные с мышьяком, превышают значение 1 для детей в двух (СНТ1-S-1 и АКН1-S-1) почвенных образцах (таблица 12). Согласно оценке RISC наших образцов почвы, мышьяк является наиболее проблемным тяжелым металлом для здоровья человека в «горячих точках».

Неканцерогенные риски, связанные с кадмием, никелем и свинцом для местных жителей по нескольким путям воздействия, также оценивались для проб почвы, отобранных на участках отбора проб. Недопустимые риски ( $HQ > 1$ ) для детей, вызванные кадмием, были выявлены в одном образце почвы (АКН1-S-1). Проблемным путем воздействия кадмия является потребление химического вещества культуры, выращенной на отобранной почве. Этот результат делает кадмий вторым наиболее рискованным тяжелым металлом для здоровья человека в районе горячих точек. Коэффициенты опасности для никеля и свинца не превышают одно значение в любом из образцов почвы, и поэтому эти металлы не представляют неприемлемых неканцерогенных рисков.

**Таблица 11: Результаты расчета канцерогенных рисков для здоровья человека (ELCR), связанных с содержанием мышьяка в пробах почв, взятых в Армении. Значения ELCR, превышающие  $10^{-6}$ , выделены жирным шрифтом.**

Место	Проба ID	Концентрация [мг/кг DW]	ELCR для взрослых				ELCR для детей			
			Путь экспозиции				Путь экспозиции			
			Попадание в почву в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего	Попадание в почву в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего
1	AKR1-S-1	43.36	5.2E-07	1.6E-07	<b>1.5E-05</b>	<b>1.5E-05</b>	<b>1.2E-05</b>	6.9E-07	<b>2.2E-05</b>	<b>3.5E-05</b>
2	SAN1-S-1	41.29	5.0E-07	1.5E-07	<b>1.4E-05</b>	<b>1.5E-05</b>	<b>1.1E-05</b>	6.6E-07	<b>2.1E-05</b>	<b>3.3E-05</b>
3	ALA1-S-1	44.99	5.4E-07	1.7E-07	<b>1.5E-05</b>	<b>1.6E-05</b>	<b>1.2E-05</b>	7.2E-07	<b>2.3E-05</b>	<b>3.6E-05</b>
4	СНТ1-S-1	146.80	1.8E-06	5.4E-07	<b>5.0E-05</b>	<b>5.2E-05</b>	<b>4.0E-05</b>	2.3E-06	<b>7.5E-05</b>	<b>1.2E-04</b>
5	АКН1-S-1	66.95	8.0E-07	2.5E-07	<b>2.3E-05</b>	<b>2.4E-05</b>	<b>1.8E-05</b>	1.1E-06	<b>3.4E-05</b>	<b>5.3E-05</b>
6	MTA1-S-1	29.52	3.5E-07	1.1E-07	<b>1.0E-05</b>	<b>1.0E-05</b>	8.0E-06	4.7E-07	<b>1.5E-05</b>	<b>2.3E-05</b>
7	HAG1-S-1	27.85	3.3E-07	1.0E-07	9.5E-06	9.9E-06	7.5E-06	4.5E-07	<b>1.4E-05</b>	<b>2.2E-05</b>
8	SHA1-S-1	40.95	4.9E-07	1.5E-07	<b>1.4E-05</b>	<b>1.5E-05</b>	<b>1.1E-05</b>	6.6E-07	<b>2.1E-05</b>	<b>3.3E-05</b>
9	MTA2-S-1	30.51	3.7E-07	1.1E-07	<b>1.0E-05</b>	<b>1.1E-05</b>	8.2E-06	4.9E-07	<b>1.6E-05</b>	<b>2.4E-05</b>

**Таблица 12: Результаты расчета неканцерогенных рисков для здоровья человека (HQ), связанных с содержанием мышьяка в пробах почв, взятых в Армении. Значения HQ, превышающие 1, выделены жирным шрифтом. В Таблице перечислены только пробы со значениями HQ, превышающими 1.**

Место	Проба ID	Концентрация [мг/кг DW]	HQ для взрослых				HQ для детей			
			Путь экспозиции				Путь экспозиции			
			Попадание в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего	Попадание в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего
4	СНТ1-S-1	146.80	3.1E-02	9.2E-03	8.7E-01	9.1E-01	<b>1.0E+00</b>	6.2E-02	<b>1.9E+00</b>	<b>3.0E+00</b>
5	АКН1-S-1	66.95	1.4E-02	4.2E-03	4.0E-01	4.1E-01	4.8E-01	2.8E-02	8.7E-01	<b>1.4E+00</b>

**Таблица 13: Результаты расчета неканцерогенных рисков для здоровья человека (HQ), связанных с содержанием кадмия в пробах почв, взятых в Армении. Значения HQ, превышающие 1, выделены жирным шрифтом. В таблице перечислены только пробы со значениями HQ, превышающими 1.**

Место	Проба ID	Концентрация [мг/кг DW]	HQ для взрослых				HQ для детей			
			Путь экспозиции				Путь экспозиции			
			Попадание в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего	Попадание в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего
5	АКН1-S-1	12.90	1.7E-03	1.7E-05	5.9E-01	5.9E-01	5.5E-02	8.3E-05	<b>1.4E+00</b>	<b>1.5E+00</b>

#### 5.4 Оценка уровня содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах

Загрязненная металлами почва может повлиять на здоровье человека различными путями. Данное исследование было направлено на определение потенциального пути попадания металла в организм человека начиная от потребления фруктов и овощей, выращенных на загрязненной почве. Есть исследования, указывающие, что некоторые виды растений могут накапливать определенные тяжелые металлы. Овощи, особенно листовые, накапливают больше тяжелых металлов. Как правило, корни и листья растений накапливают более высокую концентрацию тяжелых металлов, чем стебли и плоды.<sup>xi</sup> При сравнении одного овоща с другим были выявлены отличительные различия: бобовые культуры, как правило, являются низкими аккумуляторами, корнеплоды - умеренными аккумуляторами, а листовые овощи - высокими аккумуляторами<sup>xli</sup>. Способность листовых овощей поглощать и накапливать тяжелые металлы была самой высокой, а у дыни - самой низкой. Это указывало на то, что аккумуляторы с низким содержанием (например, дыни) были пригодны для посадки на загрязненной почве, а аккумуляторы с высоким содержанием (листовые овощи) - непригодны<sup>xliii</sup>. Эти выводы соответствуют нашим результатам, в которых

два образца листовых овощей (базилик и мальва) содержали более высокие концентрации некоторых опасных тяжелых металлов (ртуть и свинец).

При сравнении наших результатов с законодательно определенными предельными значениями, только в одном случае был превышен максимальный уровень (Таблица 14). В пищевых продуктах был также обнаружен максимальный уровень содержания кадмия и свинца, установленный ФАО / ВОЗ и Европейским союзом. В случае требований безопасности пищевых продуктов, установленных Приказом министра здравоохранения Армении, один образец листового овоща (мальва) превышает максимально допустимый уровень кадмия. Максимальные значения в законодательных актах указывают не на возможные риски для здоровья потребления этих продуктов, а только на характеристики продуктов с точки зрения маркетинга.

Мы сравнили уровни содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах (таблица 15) с недавними исследованиями <sup>xliii</sup> из того же района добычи, где были выполнены эти расчеты. Как правило, мы обнаружили более низкие уровни ртути, меди, никеля и свинца в различных видах овощей и фруктов, за исключением одной пробы листового овоща (мальва), где мы нашли 0,22 мг свинца на кг свежего вещества. С другой стороны, в некоторых пробах мы обнаружили более высокие значения уровней мышьяка у разных видов фруктов и овощей.

Для оценки рисков для здоровья, связанных с попаданием в организм тяжелых металлов из почвы посредством овощей, адекватными методами являются расчетная суточная норма потребления тяжелых металлов (EDI), целевой коэффициент опасности (THQ) и индекс опасности (HI). Для точного расчета этих показателей было собрано недостаточно полных данных, поэтому мы, по крайней мере, смоделировали предполагаемую информацию с потреблением продуктов питания, чтобы получить оценку потенциального воздействия на здоровье человека. Полный список рассчитанных EDI оцененных тяжелых металлов для каждого пищевого продукта и их сумма, поделенная между мужчинами и женщинами представлены в таблицах 27 и 28 в приложении IV, соответственно. Суммы THQ-дозволенное количество тяжелых металлов, содержащихся в пищевых продуктах и индексы опасности для здоровья мужчин и женщин каждого оцененных металлов представлены в таблице 16. Расчеты показывают, что ни один из тяжелых металлов не превышает эталонное значение THQ при потреблении смеси исследуемых пищевых продуктов. Следовательно, риск неканцерогенного токсического действия каждого тяжелого металла в отдельности предполагается низким. Значение HI выражает объединенные неканцерогенные эффекты нескольких элементов и превышает контрольное значение 1 для мужчин и женщин.

**Таблица 14: Количество пищевых проб, превышающих любой из упомянутых правовых стандартов у каждого тяжелого металла. Пропорции выражены в скобках.**

Правовой стандарт	Ртуть	Мышьяк	Кадмий	Медь	Молибден	Никель	Свинец
<b>Предельно допустимые уровни содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах (Армения)</b>	0 (0%)	0 (0%)	1 (3.6%)	-	-	-	0 (0%)
<b>Максимальные уровни содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах (ЕС)</b>	-	-	0 (0%)	-	-	-	0 (0%)

Максимальные уровни содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах (ФАО / ВОЗ)	-	-	0 (0%)	-	-	-	0 (0%)
---	---	---	--------	---	---	---	--------

**Таблица 15: Концентрации тяжелых металлов в овощах и фруктах, которые были обнаружены в предыдущем исследовании в окрестностях г. Алаверди в 2018 г.<sup>xliv</sup>.**

	Ртуть [мг/кг FM]	Мышьяк [мг/кг FM]	Кадмий [мг/кг FM]	Медь [мг/кг FM]	Никель [мг/кг FM]	Свинец [мг/кг FM]
Яблоко	0.0015	0.003	0.0013	0.725	1.46	0.082
Персик	0.002	0.0017	0.003	0.64	0.117	0.001
Слива	0.0015	0.0005	0.0013	0.635	0.156	0.005
Кизил обыкновенный	0.0013	0.0027	ND	0.29	0.08	0.013
Инжир	0.094	0.0017	ND	7.8	2.01	0.18
Фасоль	0.0015	0.004	0.0013	10.7	1.7	0.129
Картофель	0.0012	0.005	0.001	12.43	0.68	0.12
Зелень	0.003	0.1	ND	20.78	1.43	0.068

**Таблица 16: Сумма целевых коэффициентов опасности тяжелых металлов у всех пищевых продуктов и индексы риска тяжелых металлов у мужчин и женщин.**

Пол	Ртуть	Мышьяк	Кадмий	Медь	Молибден	Никель	Свинец	Индекс риска
М	0.0000 107632	0.2211 350294	0.0198 082192	0.5410 684932	0.6080 602740	0.0142 035225	0.0014 760973	1.40
Ж	0.0000 125571	0.2579 908676	0.0231 095890	0.6312 465753	0.70940 36530	0.0165 707763	0.0017 221135	1.64

### 5.5 Оценка уровня содержания тяжелых металлов в волосах

Среди множества человеческих тканей- волосы могут использоваться в качестве биомаркеров воздействия токсичных металлов на окружающую среду<sup>xlv xlvii</sup>. Биоаккумуляция тяжелых металлов в волосах человека является довольно сложным процессом. Факторы, которые влияют на биоаккумуляцию, включают: питание, химические формы металла и места его связывания, возраст, пол, генетическое наследование и качество окружающей среды<sup>xlviii</sup>. В общей сложности 13 проб волос были проанализированы на наличие тяжелых металлов, в частности ртути, мышьяка, кадмия, меди, молибдена, никеля и свинца. Агентство по охране окружающей среды США составило рекомендации относительно эталона<sup>xlix</sup> 1 мг / кг, который не должен превышать у женщин детородного возраста, и уровня 10 мг / кг, что может быть связано с неблагоприятными последствиями для здоровья. Поскольку нет никаких рекомендаций или стандартов для других элементов (As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb) в волосах, результаты были сопоставлены с несколькими исследованиями, касающимися концентрации тяжелых металлов или микроэлементов в волосах здоровых людей, или людей организм которых подвергается загрязнению. Организм может быть загрязнен тяжелыми металлами, связанными с водными экосистемами в результате потребления загрязненной рыбы и других морских продуктов питания. Этот факт обусловлен способностью некоторых

водных организмов концентрировать тяжелые металлы намного больше, существующей в воде.<sup>1</sup>

Уровни ртути в почвах по всему миру интенсивно изучались из-за воздействия на здоровье человека, особенно на людей, живущих рядом с источниками этого металла, такими как электростанции, работающие на угле, мусоросжигательные заводы, золотые прииски, металлургические заводы по производству цветных металлов и другие. Тестирование человеческих волос на ртуть является хорошим показателем уровня загрязнения ртутью в различных географических регионах и обществах. Результаты исследования загрязнения почвы ртутью сравнивались с рекомендациями АООС США<sup>li</sup> относительно контрольной дозы 1,0 мг / кг, которую нельзя превышать у женщин детородного возраста, и уровня 10 мг / кг, что может быть связано с неблагоприятными последствиями для здоровья. Все образцы соответствовали требованиям по охране окружающей среды США. Образцы волос содержали в основном низкие концентрации ртути. Только один образец (AKR1-H-2) имел повышенный уровень ртути (0,65 мг / кг) по сравнению с другими. Этот образец волос был предоставлен 53-летней женщиной. Ртуть в ее организме могла накапливаться в течение длительного времени по сравнению с другими членами семьи, у которых были более низкие показатели, хотя их диета, предполагаемо, подобна. Поскольку в овощах и фруктах были обнаружены только низкие концентрации ртути (0,001 мг / кг FM или ниже), присутствие ртути в образцах волос, вероятно, связано с поступлением из другого источника. Возможно, следует изучить другие возможные источники потребления ртути посредством продуктов питания, такими как рыба.

В человеческих волосах были обнаружены различные уровни мышьяка. В областях, которые не были значительно загрязнены, концентрация уровня мышьяка составляла до 0,5 мг / кг.<sup>lii</sup> В другом исследовании<sup>liii</sup> заявлено, что регулярный уровень мышьяка в волосах составляет от 0,3 до 1,75 мг / кг. Результаты исследования,<sup>liv</sup> проведенного в двух деревнях в пустыне Атакама (Чили), в которых население, подверженное хроническому воздействию мышьяка, показали уровни 0,7 мг / кг и 6,1 мг / кг в чистых и загрязненных районах, соответственно исследованию.<sup>lv</sup> Эти результаты, сфокусированные на воде, загрязненной мышьяком, которая обнаружила концентрации от 0 до 20 мг / кг со средним содержанием мышьяка в волосах 9,22 мг / кг. Еще более высокий уровень мышьяка в волосах был обнаружен у людей, живущих в деревне рядом с заброшенной шахтой пирита в юго-восточной части Алентежу (Португалия). Средние концентрации мышьяка были определены как 10,83 мг / кг и 27,19 мг / кг для детей и взрослых соответственно.<sup>lvi</sup> С другой стороны, уровни мышьяка не были значительно повышены в некоторых районах с высокой концентрацией этого металла. Средний уровень мышьяка в пробах волос, собранных на участках электронной переработки отходов, составил 0,423 мг / кг (в диапазоне 0,0879-2,21 мг / кг).<sup>lvii</sup> Все пробы волос, которые мы собрали на фермах, содержали мало мышьяка. Только одна проба имела повышенное значение, уровень количественного определения (<0,1). По результатам исследования можно предполагать, что мышьяк в значительной степени откладывается в волосах, хотя он также присутствует в почве и пищевых продуктах. Следовательно, наличие мышьяка и его влияние на здоровье человека должны быть дополнительно изучены среди местного населения, особенно концентрации в крови или других тканях организма.

Уровень кадмия в волосах человека изучался на различных участках загрязнения. Пробы волос, отобранные на участке электронной переработки отходов, показали, что средний уровень кадмия составляет 0,94 мг / кг, с широким диапазоном — 0,01–13,7.<sup>lviii</sup> В Польше, например, средний уровень содержания кадмия составил 0,3 мг / кг.<sup>lix</sup> Подобные уровни содержания кадмия в волосах человека были обнаружены в деревне рядом с заброшенной шахтой из пирита меди на юго-востоке Алентежу (Португалия), где средние концентрации

кадмия были определены как 0,25 мг / кг и 0,83 мг / кг для детей и взрослых соответственно.<sup>lx</sup> Средняя концентрация кадмия (0,03 мг / кг), которую мы обнаружили в пробах волос у людей, живущих в районе добычи металла, находилась на нижнем уровне диапазона, обнаруженного в других исследованиях. Скорее, эти результаты указывают на более сильное загрязнение кадмием сказывающегося на здоровье местных жителей.

Уровень меди в волосах человека составляет приблизительно 15 мг / кг (10-30 мг / кг)<sup>lxi lxi</sup><sup>lxiii</sup>. Подобные уровни концентрации меди были обнаружены в волосах человека в загрязненных районах.<sup>lxiv</sup> Уровень меди в образцах волос в небольшом горном курортном поселке, расположенном на юго-западной границе Польши, составляли 12,9 мг / кг и 4,5 мг / кг для мужчин и женщин соответственно. Уровень меди в человеческих волосах, живущих в деревне рядом с заброшенный рудник из пирита меди в юго-восточной части Алентежу (Португалия) составлял 10,83 мг / кг и 27,19 мг / кг для детей и взрослых, соответственно<sup>lxv</sup>. В некоторых загрязненных местах уровень меди в человеческих волосах может быть намного выше. Образцы волос, отобранные на участке электронной переработки отходов в Китае, показали, что средний уровень меди составляет 53,0 мг / кг, а диапазон 10,85-537 мг / кг<sup>lxvi</sup>. Средняя концентрация меди, обнаруженная нами в пробах человеческих волос, отобранных у жителей, составляла (10,58 мг / кг). Доноры проб живут в районе добычи полезных ископаемых. Концентрация меди в пробах находилась в рамках диапазона, найденном в других исследованиях, но такие же значения были найдены и на некоторых загрязненных территориях. Содержание меди в волосах людей в данной местности соответствует общепринятым значениям и намного ниже, чем в сильно загрязненных местах.

В экспертных источниках не нашлось достаточных данных об уровне молибдена в волосах человека. Все пробы волос, которые были собраны во время нашей кампании по отбору проб, содержали концентрации молибдена ниже предела количественного определения (0,5 мг / кг). Из имеющейся информации невозможно оценить потенциальную нагрузку на жителей с точки зрения загрязнения молибденом.

Уровни никеля в волосах человека были изучены на различных загрязненных участках. В пробах волос, собранных в зоне переработки электронных отходов, средний уровень содержания никеля составил 1,77 мг / кг, в диапазоне 0,007-9,44 мг / кг. Опыты, которые ставились над экземплярами волос, собранными в деревне Звардонь находящимся на Польских границах, показали, что средние уровни содержания никеля составляли 4,6 мг / кг и 5,5 мг / кг для мужчин и женщин. Средняя концентрация никеля (16,31 мг / кг), которую мы обнаружили в пробах волос людей, живущих в районе добычи полезных ископаемых, был выше, чем было обнаружено в других исследованиях потенциально загрязненных районов. Был найден широкий диапазон концентраций. Такая высокая средняя концентрация цинка в волосах объясняется главным образом высоким уровнем волос в волосах трех жителей, проживающих в фермерском доме номер один в Акори.

Широкий диапазон концентрации свинца (от 5 до 50 мг / кг) был обнаружен в волосах людей, подвергающихся постоянному загрязнению этим металлом<sup>lxvii lxxviii</sup>. Исследование уровня содержания свинца в пробах волос, выполненных в небольшом горном курортном поселке Звардофи, расположенном на юго-западе Польши, показывают- 18,3 мг / кг и 3,4 мг / кг для мужчин и женщин<sup>lxix</sup>. Значительно высокий уровень содержания свинца в волосах был обнаружен в области электронной переработки отходов со средним значением 85,3 мг / кг и диапазоном 1,93-730 мг / кг<sup>lxx</sup>. Средняя концентрация свинца (0,76 мг / кг), которую мы обнаружили в пробах волос у людей, живущих в районе добычи, находилась в нижней части диапазона, обнаруженного в других исследованиях. Скорее, наши результаты указывают на снижение загрязнения свинцом для местных жителей. Вопреки нашим

результатом, в исследовании, в котором исследовались уровни содержания свинца в крови детей, рожденных и проживающих в общинах Алаверди и Ахтала, говорилось, что дети в этих общинах подвергались воздействию свинца.<sup>lxxi</sup> Присутствие свинца следует дополнительно исследовать в крови или других тканях организма местного населения.

## 6. Заключение

Это исследование было сфокусировано на мониторинге и оценке концентраций тяжелых металлов в почвах, продуктах питания и человеческих волосах в промышленных регионах Алаверди и Ахтала на северо-востоке Армении. На этих территориях была взята серия проб, которые были сопоставлены с законодательно определенными критериями загрязнения, с целью изучения степени влияния загрязнения на сегменты окружающей среды, и серьезности влияния на здоровье человека.

В почвах были обнаружены повышенные уровни мышьяка, кадмия, меди, молибдена, никеля и свинца. Большинство участков, с которых были отобраны пробы, могут считаться загрязненными. В некоторых случаях уровни загрязнений могут представлять угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Самый распространенный опасный тяжелый металл в этом регионе - мышьяк, за которым следует кадмий. Концентрации тяжелых металлов в нескольких пробах почвы превышают различные стандарты, чаще всего армянский стандарт для почв, но также голландский, французский и чешский стандарты для почв, предельных уровней загрязнения для непромышленных зон (АООС США). Концентрации тяжелых металлов в пробах свидетельствуют о загрязнении, вызванном заводами по переработке меди. Согласно результатам, все предполагаемые потенциальные источники (металлургический комбинат в Алаверди, шахты Ахталы и хвостохранилища) представляют угрозу для окружающей среды.

Анализ с использованием программного обеспечения для очистки от рисков (RISC) показал следующие результаты. Самым опасным тяжелым металлом в регионе является мышьяк, затем кадмий. Все пробы почв были загрязнены мышьяком, что свидетельствует, что в долгосрочной перспективе в связи с потреблением растительных продуктов питания, могут возникнуть неблагоприятные канцерогенные эффекты. Более того, две пробы превысили коэффициент опасности (HQ) по кадмию, что указывает на неканцерогенный риск для здоровья человека. В этих случаях существуют потенциальные неблагоприятные последствия для здоровья, связанные с мышьяком и кадмием. Концентрации мышьяка и кадмия в пробах волос были удовлетворительные. Необходимо провести дополнительные исследования, чтобы определить токсическую угрозу на изученных участках, в частности, необходимо будет определить возможное накопление кадмия и мышьяка в других тканях организма человека.

Поскольку потребление фруктов и овощей, выращенных на загрязненной почве, создает потенциальный путь их накопления в человеческом организме, мы сравнили наши результаты с максимальными законодательными уровнями. Максимальные концентрации кадмия и свинца в пищевых продуктах установлены ФАО / ВОЗ и Европейским Союзом. В случае требований безопасности пищевых продуктов, установленных Приказом министра здравоохранения Армении, один образец листового овоща (Мальва) превышает максимально допустимый уровень кадмия. Мы не обнаружили значительно высокие уровни содержания тяжелых металлов в овощах и фруктах, чем в других исследованиях из того же района добычи, за исключением пробы листовой растительности (Мальва). Расчеты показывают, что ни один из тяжелых металлов не превышает контрольное значение целевого коэффициента опасности при потреблении смеси исследуемых пищевых продуктов. Следовательно, риск неканцерогенного токсического воздействия каждого тяжелого металла в отдельности предполагается низким.

Из тринадцати проб волос, взятых в районе добычи, большинство из них показывают хорошие или нормальные результаты, сопоставимые с другими исследованиями загрязнения тяжелыми металлами в мире. Те люди, у которых были нормальные результаты, едят рыбу, которая является основным источником тяжелых металлов в рационе человека, либо вообще не едят, либо очень редко. Одна проба (AKR1-H-2) содержит значительно более высокую концентрацию ртути (0,65 мг/кг), но это значение ниже рекомендуемой Агентством по охране окружающей среды США контрольной дозы 1,0 мг/кг, которая не должна быть превышена у женщин детородного возраста. Три пробы волос из одного и того же хозяйства, расположенной в г. Акори, содержали повышенные уровни никеля по сравнению с другими пробами волос, обнаруженными в других исследованиях.

К сожалению, наши возможности отбора проб не покрыли необходимый мониторинг тяжелых металлов. Мы отобрали лишь ограниченное количество проб почв, продуктов питания и волос из огромного шахтерского региона. Таким образом, это исследование не может дать исчерпывающие доказательства по ситуации с загрязнением тяжелыми металлами. Поэтому следует постоянно проводить мониторинг окружающей среды, чтобы контролировать уровень тяжелых металлов и помогать в реализации стратегий по снижению воздействия загрязнения на жителей. Необходимо проводить подробные исследования для общей оценки рисков для здоровья, связанных с тяжелыми металлами, принимая во внимание не только неблагоприятные последствия для здоровья, вызванные употреблением в пищу растительных продуктов, но и другие пути воздействия. Кроме того, было бы полезно контролировать присутствие тяжелых металлов в других тканях человека, в дополнение к волосам. Чтобы снизить риски для здоровья, следует уделять первостепенное внимание осведомленности членов общин по этому вопросу, их обучению по снижению рисков и участию в решении проблем. В случае, если стандарты ВАТ / ВЕР еще не применяются в горнодобывающей промышленности, мы можем порекомендовать их применение, что может снизить дополнительное бремя воздействия тяжелых металлов на местных жителей.

## 7. Ссылки

---

i

Li Z., Ma Z., der Kuijp T.J., Yuan Z., Huang L. (2014): A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment. *Science of The Total Environment*, 468–469, 843–853.

ii

Pacyna E.G., Pacyna J.P., Fudala J., Strzelecka-Jastrzab E., Hlawiczka S., Panasiuk D., Nitter S., Pregger T., Pfeiffer H., Friedrich R. (2007): Current and future emissions of selected heavy metals to the atmosphere from anthropogenic sources in Europe. *Atmospheric Environment*, 41,(38), 8557–8566.

iii

Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N., Mathew B.B., Beeregowda K.N. (2014): Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60–72.

iv

Akopyan K., Petrosyan V., Grigoryan R., Melkomian D.M. (2018): Assessment of residential soil contamination with arsenic and lead in mining and smelting towns of northern Armenia. *Journal of Geochemical Exploration*, 184, 97–109.

v

American University in Armenia Center for Responsible Mining (2016): Results of Soil & Drinking-Water Testing in Kindergartens & Schools, Akhtala City, Republic of Armenia.

vi

- 
- vii American University in Armenia Center for Responsible Mining (2016): Results of Soil and Drinking-Water Testing in Kindergartens and Schools of Alaverdi City, Lori Marz, Republic of Armenia.
- viii Gevorgyan G.A., Mamyan A.S., Hambaryan L.R., Khudaverdyan S.K., Vaseashta A. (2016): Environmental Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Armenian River Ecosystems: Case Study of Lake Sevan and Debed River Catchment Basins. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25 (6), 2387-2399.
- ix Mamyan A.S., Gevorgyan G.A. (2017): Comparative investigation of the river phytoplankton of the Debed river catchment basin's mining and non-mining areas. *Biolog. Journal of Armenia*, 4 (69).
- x Grigoryan K.V. (1989): The effect of irrigation water contaminated by industrial sewage on the content of heavy metals in the soil and some crops. *Soil Science*, 9, 97-103.
- xi Pipoyan D., Beglaryan M., Merendino N. (2018): Dietary Exposure Assessment of Potentially Toxic Trace Elements in Fruits and Vegetables Grown in Akhtala, Armenia. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 12 (8), ICFSN 2018: 20th International Conference on Food Science and Nutrition 2018.
- xii Grboyan, S. (2014): Lead exposure and measure of IQ level among children in Alaverdi, Akhtala and Yerevan. American University of Armenia School of Public Health.
- xiii Grigoryan R. (2015): Case of Akhtala Community, Armenia: Environmental and Health Consequences of Mining Industry. American University in Armenia Center for Responsible Mining.
- xiv Grigoryan R., Petrosyan V., Melkom Melkomian D., Khachadourian V., McCartor A., Crape B. (2016): Risk factors for children's blood lead levels in metal mining and smelting communities in Armenia: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 16(1), 945.
- xv Grboyan, S. (2014): Lead exposure and measure of IQ level among children in Alaverdi, Akhtala and Yerevan. American University of Armenia School of Public Health.
- xvi Vallex Group. [online] [cit. 2019-09-24]. Available at: <http://vallexgroup.am>
- xvii Bystrianský M., Šír M., Straková J., Krejčová N. (2018): Heavy metals in the surroundings of mining and metallurgical sites in the Lori region in Armenia. Arnika – Toxics and Waste Programme.
- xviii US EPA. Human Health: Exposure Assessment [online] [cit. 2019-09-24]. Available at: <https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment>
- xix International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. [online] Francie [cit. 2019-09-24]. Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>
- xx US EPA (1997): Exposure Factors Handbook. EPA/600/P-95/002F. Washington, DC, USA. Available online at: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deidD12464>
- xxi EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (2010): Scientific opinion on lead in food. EFSA J 8(4):1570. Available online at <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1570>
- xxii EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (2012): Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA J 10(12):2985.

- 
- xxii Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (2004): Toxicological Profile for Copper. Update. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, Centers for Disease Control, Atlanta, GA, USA. Available online at <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?idD206&tidD37>
- xxiii Zuang P., Lu H., Li Z. (2014): Multiple exposure and effects assessment of heavy metals in the population near mining area in South China. *PLoS One* 9(4):e9448.
- xxiv Order No. 01-N of 25 January 2010 of the Minister of Health of the Republic of Armenia “On Approving Sanitary Rules and Norms N 2.1.7.003-10 for Sanitary Requirements for Land Quality”
- xxv Czech Decree No. 153/2016 issued by the Ministry of Agriculture.
- xxvi
- xxvii US EPA. Regional Screening Levels. [online] [cit. 2019-09-24]. Available at: [http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration\\_Таблица/Generic\\_Таблицас/docs/params\\_sl\\_Таблица\\_run\\_JAN2015.pdf](http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_Таблица/Generic_Таблицас/docs/params_sl_Таблица_run_JAN2015.pdf)
- xxviii US EPA. Regional Screening Levels. [online] [cit. 2019-09-24]. Available at: [http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration\\_Таблица/Generic\\_Таблицас/docs/params\\_sl\\_Таблица\\_run\\_JAN2015.pdf](http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration_Таблица/Generic_Таблицас/docs/params_sl_Таблица_run_JAN2015.pdf)
- xxix Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
- xxx
- xxxi Order of the Minister of Healthcare of Armenia approving Food Safety Requirements
- xxxii Kabata-Pendias A. (2011): Trace Elements in Soil and Plants, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 2011.
- xxxiii Bystrianský M., Šír M., Straková J., Krejčová N. (2018): Heavy metals in the surroundings of mining and metallurgical sites in the Lori region in Armenia. *Arnika – Toxics and Waste Programme*.
- xxxiv Akopyan K., Petrosyan V., Grigoryan R., Melkomian D.M. (2018): Assessment of residential soil contamination with arsenic and lead in mining and smelting towns of northern Armenia. *Journal of Geochemical Exploration*, 184, 97–109.
- xxxv Kabata-Pendias A. (2011): Trace Elements in Soil and Plants, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 2011.
- xxxvi Kabata-Pendias A. (2011): Trace Elements in Soil and Plants, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 2011.
- xxxvii Kabata-Pendias A. (2011): Trace Elements in Soil and Plants, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 2011.
- xxxviii Kabata-Pendias A. (2011): Trace Elements in Soil and Plants, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 2011.

---

Kabata-Pendias A. (2011): Trace Elements in Soil and Plants, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 2011.

xxxix

Kabata-Pendias A. (2011): Trace Elements in Soil and Plants, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 2011.

xl

Pipoyan D. (2017): Health risk assessment of environmental contaminants for population via consumption of vegetables and fruits grown in mining areas. A case study: Armenia. [online] [cit. 2019-09-24]. Available at: [http://dspace.unitus.it/bitstream/2067/3012/1/dpipoyan\\_tesid.pdf](http://dspace.unitus.it/bitstream/2067/3012/1/dpipoyan_tesid.pdf)

xli

Alexander P.D., Alloway B.J., Dourado A.M. (2006): Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144 (3), 736-745.

xlii

Zhou H., Yang W.T., Zhou X., Liu L., Gu J.F., Wang W.L., Zou J.L., Tian T., Peng P.Q., Liao B.H. (2016): Accumulation of Heavy Metals in Vegetable Species Planted in Contaminated Soils and the Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research of Public Health*, 13 (3): 289.

xliii

Pipoyan D., Beglaryan M., Sireyan L., Merendino N. (2018): Exposure assessment of potentially toxic trace elements via consumption of fruits and vegetables grown under the impact of Alaverdi's mining complex. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, DOI: 10.1080/10807039.2018.1452604

xliv

Pipoyan D., Beglaryan M., Sireyan L., Merendino N. (2018): Exposure assessment of potentially toxic trace elements via consumption of fruits and vegetables grown under the impact of Alaverdi's mining complex. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, DOI: 10.1080/10807039.2018.1452604

xlv

Yoshinaga J., Imai H., Nazakawa M., Suzuki T. (1990): Lack of significantly positive concentrations in hair. *Sci. Total Environ*, 99, 125-135.

xlvi

Nowak B. (1996): Occurrence of heavy metals and Na, Ca, K in human hair, teeth and nails. *Biol. Trace Element Res*, 51, 11-22.

xlvii

Bergonmi M., Borella P., Fantuzzi G. (1989): Blood, teeth and hair: 3 different materials used to evaluate exposure to lead and cadmium in children living in an industrial zone. *Ann.-Iq. Italy*, 1(5), 1185-98.

xlviii

Schegel-Zawadzka M. (1992): Chromium content in the hair of children and students in southern Poland. *Biol. Trace Element Res*, 32, 79-84.

xlix

U.S. Environmental Protection Agency: Chemicals and Toxics Topics [online] [cit. 2019-09-27]. Available at: <https://www.epa.gov/environmental-topics/chemicals-and-toxics-topics>

l

Olgunoglu M.P., Olgunoglu I.A., Bayhan Y.K. (2015): Heavy metal concentrations (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe) in Giant Red Shrimp (*Aristaeomorpha foliacea* Risso 1827) from the Mediterranean Sea, *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (2), 631.

li

---

U.S. Environmental Protection Agency: Chemicals and Toxics Topics [online] [cit. 2019-09-27]. Available at: <https://www.epa.gov/environmental-topics/chemicals-and-toxics-topics>

lii

Crommentuijn T., Sijm D., de Bruijn J., van den Hoop M., van Leeuwen K., van de Plassche E. (2000): Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. *Journal of Environmental Management* 60 (2), 121-143.

liii

Galvao L.A.C., Corey G. (1987): Serie Vigilancia 3. Arsénico. *Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Metepec.*

liv

Yáñez J., Fierro V., Mansilla H., Figueroa L., Cornejo L., Barnes R.M. (2005): Arsenic speciation in human hair: a new perspective for epidemiological assessment in chronic arsenicism. *Journal of Environmental Monitoring*, 12.

lv

Armienta M.A., Rodríguez R., Cruz O. (1997): Arsenic Content in Hair of People Exposed to Natural Arsenic Polluted Groundwater at Zimapán, México. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 59, 583-589.

lvi

Pereira R., Ribeiro R., Goncalves F. (2004): Scalp hair analysis as a tool in assessing human exposure to heavy metals (S. Domingos mine, Portugal). *Science of the Total Environment* 327, 81–92.

lvii

Wang T., Fu J., Wang Y., Liao C., Tao Y., Jiang G. (2009): Use of scalp hair as indicator of human exposure to heavy metals in an electronic waste recycling area. *Environmental Pollution* 157, 2445–2451.

lviii

Wang T., Fu J., Wang Y., Liao C., Tao Y., Jiang G. (2009): Use of scalp hair as indicator of human exposure to heavy metals in an electronic waste recycling area. *Environmental Pollution* 157, 2445–2451.

lix

Nowak B., Kozlowski H. (1998): Heavy Metals in Human Hair and Teeth - The Correlation with Metal Concentration in the Environment. *Biological Trace Element Research*, 62, 213-228.

lx

Pereira R., Ribeiro R., Goncalves F. (2004): Scalp hair analysis as a tool in assessing human exposure to heavy metals (S. Domingos mine, Portugal). *Science of the Total Environment* 327, 81–92.

lxi

Hilderbrand D.C., White D.H. (1974): Trace-element analysis in hair: an evaluation. *Clinical Chemistry*, 20(2), 148-151.

lxii Krejpcio Z., Olejnik D., Wojciak R.W., Gawecki J. (1999): Comparison of trace elements in the hair of children inhabiting areas of different environmental pollution types. *Polish Journal of Environmental Studies*, 4 (08).

lxiii Salnikova E.V., Burtseva T.I., Skalnaya M.G., Skalny A.V., Tinkov A.A. (2018): Copper and zinc levels in soil, water, wheat, and hair of inhabitants of three areas of the Orenburg region, Russia. *Environmental Research*, 166, 158-166.

lxiv

Nowak B., Kozlowski H. (1998): Heavy Metals in Human Hair and Teeth - The Correlation with Metal Concentration in the Environment. *Biological Trace Element Research*, 62, 213-228.

lxv

---

Pereira R., Ribeiro R., Goncalves F. (2004): Scalp hair analysis as a tool in assessing human exposure to heavy metals (S. Domingos mine, Portugal). *Science of the Total Environment* 327, 81–92.

lxvi

Wang T., Fu J., Wang Y., Liao C., Tao Y., Jiang G. (2009): Use of scalp hair as indicator of human exposure to heavy metals in an electronic waste recycling area. *Environmental Pollution* 157, 2445–2451.

lxvii

Krejpcio Z., Olejnik D., Wojciak R.W., Gawecki J. (1999): Comparison of trace elements in the hair of children inhabiting areas of different environmental pollution types. *Polish Journal of Environmental Studies*, 4 (08).

lxviii Mehra R., Thakur A.S. (2016): Relationship between lead, cadmium, zinc, manganese and iron in hair of environmentally exposed subjects. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, 1214-1217.

lxix

Nowak B., Kozlowski H. (1998): Heavy Metals in Human Hair and Teeth - The Correlation with Metal Concentration in the Environment. *Biological Trace Element Research*, 62, 213-228.

lxx

Wang T., Fu J., Wang Y., Liao C., Tao Y., Jiang G. (2009): Use of scalp hair as indicator of human exposure to heavy metals in an electronic waste recycling area. *Environmental Pollution* 157, 2445–2451.

lxxi

Grigoryan R., Petrosyan V., Melkomian D.M., Khachadourian V., McCartor A., Crape B. (2016): Risk factors for children's blood lead levels in metal mining and smelting communities in Armenia: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 16: 945.

## Приложение I: Список проб

Таблица 17: Список проб почв, отобранных на исследованных точках.

Место	Проба ID	Дата	Матрица	Место сбора проб	Отбор и подготовка проб	Предполагаемый источник загрязнения, дистанция [м]	Комментарии
1	AKR1-S-1	21 Июль 2019	почва	частный огород в Алаверди (картофельное поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Алавердский медеплавильный завод, 2500	
2	SAN1-S-1	21 Июль 2019	почва	частный огород в Санаине (луковое поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Алавердский медеплавильный завод, 1700	коричневая рыхлая почва с видимыми частицами пластика, алюминиевой проволоки, асбеста;
3	ALA1-S-1	21 Июль 2019	почва	частный огород в Алаверди (фасолевое поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Алавердский медеплавильный завод, 1000	коричневая рыхлая почва без частиц пластика и других материалов;
4	CHT1-S-1	22 Июль 2019	почва	частный огород в Чочкане (фасолевое поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Хвостохранилище в Мец Айруме, 700	почва без видимых частиц пластика, текстиля и т. д., поле орошается водой из р. Дебет;
5	AKH1-S-1	22 Июль 2019	почва	частный огород в Ахтале (фасолевое поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Шахта в Ахтале	почва без видимых частиц пластика, текстиля и т. д., поле орошается водой из р. Ахтала;

6	MTA1-S-1	22 Июль 2019	почва	частный огород в Мец Айруме (картофельное поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Хвостохранилище в Мец Айруме, 150	коричневая почва с видимыми частицами пластика и присутствием гвоздей;
7	HAG1-S-1	23 Июль 2019	почва	частный огород в Ахпате	5 мелких проб, гомогенизация	Алавердский медеплавильный завод	коричневая почва с видимыми частицами алюминиевой проволоки
8	SHA1-S-1	23 Июль 2019	почва	частный огород в Шамлуге (картофельное поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Шахта в Ахтале, 500	коричневая почва;
9	MTA2-S-1	23 Июль 2019	почва	частный огород в Мец Айруме (картофельное поле)	5 мелких проб, гомогенизация	Хвостохранилище в Мец Айруме, 20	коричневая сухая почва без частиц пластика.

Таблица 18: Список растительных проб, отобранных на исследованных точках.

Место	Проба ID	Дата	Пищевой продукт	Название	Количество	Описание места отбора проб	Потенциальный источник загрязнения	Комментарии
1	AKR1-V-1	21 Июль 2019	Лесной орех	<i>Corylus avellana</i>	33	частный огород и сад в г. Акори	Алавердский медеплавильный завод, 2500	зола от сжигания древесины используется как удобрение, сжигание коммунальных отходов 1 раз в 2-3 месяца, зола от сжигания отходов не используется как удобрение,
1	AKR1-V-2	21 Июль 2019	Фасоль зеленая	<i>Phaseolus</i>	22			
1	AKR1-V-4	21 Июль 2019	Картофель	<i>Solanum tuberosum</i>	15			
2	SAN1-V-2	21 Июль 2019	Фасоль цветная	<i>Phaseolus</i>	20	частный огород и сад в г. Санаин	Алавердский медеплавильный завод, 1700	зола от сжигания древесины не используется как удобрение, непитьевая вода
2	SAN1-V-4	21 Июль 2019	Мальва	<i>Мальва</i>	20			

2	SAN1 -V-5	21 Июль 2019	Лук белый	<i>Allium sepa</i>	3			из гор используется для орошения
3	ALA1 -V-1	21 Июль 2019	Нектарин	<i>Prunus persica</i>	7	частный огород и сад в г. Алаверд и	Алавердский медеплавильны й завод, 1000	зола от сжигания древесины не используется как удобрение, для орошения используется питьевая вода,
3	ALA1 -V-2	21 Июль 2019	Инжир	<i>Ficus carica</i>	3			
3	ALA1 -V-3	21 Июль 2019	Фасоль зеленая	<i>Phaseolus</i>	13			
4	СНТ1 -V-1	22 Июль 2019	Слива фиолетова я	<i>Prunus</i>	27	частный огород и сад в с. Чочкан	Хвостохранили ще в Мец Айруме, 700	зола от сжигания древесины не используется как удобрение, вода из реки Дебет используется для орошения,
4	СНТ1 -V-2	22 Июль 2019	Фасоль	<i>Phaseolus</i>	17			
4	СНТ1 -V-3	22 Июль 2019	Бasilik	<i>Ocimum Базиликису т</i>	25			
5	АКН1 -V-1	22 Июль 2019	Инжир	<i>Ficus carica</i>	2	частный огород и сад в г. Ахтала	Шахта в г. Ахтала	зола от сжигания древесины используется как удобрение, вода из реки Ахтала используется для орошения.
5	АКН1 -V-2	22 Июль 2019	Кизил обыкновен ный	<i>Cornus mas</i>	100			
5	АКН1 -V-3	22 Июль 2019	Стручкова я цветная фасоль	<i>Phaseolus</i>	17			
6	МТА1 -V-1	22 Июль 2019	Персик	<i>Pyrus</i>	3	частный огород и сад в г. Мец Айруме	Хвостохранили ще в Мец Айруме, 50	зола от сжигания древесины не используется как удобрение, вода из реки Дебет используется для орошения
6	МТА1 -V-2	22 Июль 2019	Стручкова я цветная фасоль	<i>Phaseolus</i>	17			
6	МТА1 -V-3	22 Июль 2019	Картофель	<i>Solanum tuberosum</i>	14			
7	HAG1 -V-1	23 Июль 2019	Стручкова я зеленая фасоль	<i>Phaseolus</i>	17	частный огород и сад в г. Ахпат	Алавердский медеплавильны й завод	зола от сжигания древесины не используется как удобрение, не питьевая вода из гор используется для орошения, сжигание отходов 3-4 раза летом
7	HAG1 -V-2	23 Июль 2019	Свекла	<i>Beta vulgaris</i>	1			
7	HAG1 -V-3	23 Июль 2019	Морковь	<i>Daucus carota</i>	6			

8	SHA1 -V-1	23 Июль 2019	Стручкова я зеленая фасоль	<i>Phaseolus</i>	25	частный огород в г. Шамлуг	Шахта в г. Ахтала, 500	зола от сжигания древесины используется как удобрение, питьевая горная вода используется в качестве орошения
8	SHA1 -V-2	23 Июль 2019	Картофель	<i>Solanum tuberosum</i>	13			
9	MTA2 -V-1	23 Июль 2019	Персик	<i>Pyrus</i>	4	частный огород и сад в г. Мец Айруме	Хвостохранили ще в Мец Айруме, 20	зола от сжигания древесины используется как удобрение, питьевая вода рядом с хвостохранили щем используется в качестве орошения
9	MTA2 -V-2	23 Июль 2019	Яблоко	<i>Malus</i>	6			
9	MTA2 -V-3	23 Июль 2019	Картофель	<i>Solanum tuberosum</i>	23			
-	AKH1 - MED- 1	22 Июль 2019	Мед		200 мл тара	Пчелово д из г. Ахтала		
-	HAG1 - MED- 1	25 Июль 2019	Мед		200 мл тара	Пчелово д из г. Агви		

**Таблица 19: Список проб волос, отобранных на исследованных точках.**

Место	Проба ID	Дата	Пол	Возраст [год]	Употребление рыб	Курящие в доме	Комментарии
1	AKR1-H-1	21 Июль 2019	ж	6	Да	Нет	
1	AKR1-H-2	21 Июль 2019	ж	53	Да	Нет	Окрашенные волосы
1	AKR1-H-3	21 Июль 2019	м	17	Да	Нет	
2	SAN1-H-1	21 Июль 2019	ж	69	Да	Да	
2	SAN1-H-2	21 Июль 2019	ж	28	Да	Да	
2	SAN1-H-3	21 Июль 2019	м	2	Да	Да	
3	ALA1-H-1	21 Июль 2019	ж	10	Да	Да	
5	AKH1-H-1	22 Июль 2019	ж	28	Да	Нет	

6	MTA1-H-2	22 Июль 2019	ж	29	Да	Нет	Окрашенные волосы
7	HAG1-H-1	23 Июль 2019	ж	9	Да	Да	
8	SHA1-H-1	23 Июль 2019	ж	27	Да	Да	Окрашенные волосы
9	MTA2-H-1	23 Июль 2019	м	12	Нет	Да	
9	MTA2-H-2	23 Июль 2019	ж	34	Нет	Да	

## Приложение II: Результаты

**Таблица 20: Концентрация тяжелых металлов в пробах почвы.**

Место	Проба ID	Мышьяк [мг/кг DW]	Кадмий [мг/кг DW]	Медь [мг/кг DW]	Молибден [мг/кг DW]	Никель [мг/кг DW]	Свинец [мг/кг DW]	Хром <sup>1</sup> [мг/кг DW]
1	AKR1-S-1	43.36	1.38	401.92	0.50	41.70	71.15	42.51
2	SAN1-S-1	41.29	0.29	105.44	3.98	36.36	20.50	42.02
3	ALA1-S-1	44.99	1.52	7737.32	1.44	50.86	77.03	45.71
4	CHT1-S-1	146.80	3.89	785.55	5.87	52.48	122.08	39.21
5	AKH1-S-1	66.95	12.90	1779.64	2.72	35.20	173.74	47.70
6	MTA1-S-1	29.52	0.89	150.55	0.85	11.36	91.35	12.88
7	HAG1-S-1	27.85	0.37	115.19	0.33	37.15	16.94	43.06
8	SHA1-S-1	40.95	0.92	434.83	2.03	58.42	114.65	67.63
9	MTA2-S-1	30.51	0.38	98.80	1.55	44.01	10.34	48.44

1) Суммарная концентрация хрома.

**Таблица 21: Концентрация в пробах пищевых продуктов. Концентрация тяжелых металлов приведена в мг/кг сырой массы [мг/кг FM].**

Место	Проба ID	Вид	Ртуть [мг/кг FM]	Мышьяк [мг/кг FM]	Кадмий [мг/кг FM]	Медь [мг/кг FM]	Молибден [мг/кг FM]	Никель [мг/кг FM]	Свинец [мг/кг FM]
1	AKR1-V-1	Лесной орех	NA	0.07	<0.005	6.81	0.204	0.61	<0.05
1	AKR1-V-2	Стручковая зеленая фасоль	<0.001	0.07	<0.005	0.99	3.069	0.25	<0.05
1	AKR1-V-4	Картофель	<0.001	0.02	0.014	2.33	0.37	0.07	<0.05
2	SAN1-V-2	Стручковая цветная фасоль	<0.001	<0.01	<0.005	0.55	0.965	0.11	<0.05
2	SAN1-V-4	Мальва	0.001	0.07	0.031	1.84	0.536	0.19	0.22
2	SAN1-V-5	Лук белый	<0.001	0.01	0.005	0.86	0.185	<0.05	<0.05

3	ALA1-V-1	Нектарин	NA	0.04	<0.005	0.27	0.019	<0.05	<0.05
3	ALA1-V-2	Инжир	NA	0.02	<0.005	0.95	0.07	0.17	<0.05
3	ALA1-V-3	Стручковая зеленая фасоль	<0.001	0.03	<0.005	0.62	2.38	0.14	<0.05
4	СНТ1-V-1	Слива фиолетовая	NA	<0.01	<0.005	0.76	<0.005	<0.05	<0.05
4	СНТ1-V-2	Фасоль	<0.001	0.06	0.011	2.41	8.853	0.31	<0.05
4	СНТ1-V-3	Базилик	0.001	0.07	<0.005	1.78	0.476	0.09	<0.05
5	АКН1-V-1	Инжир	NA	<0.01	<0.005	0.54	0.043	<0.05	<0.05
5	АКН1-V-2	Кизил обыкновенный	NA	0.02	<0.005	0.32	0.017	<0.05	<0.05
5	АКН1-V-3	Стручковая цветная фасоль	<0.001	0.01	0.006	2.24	8.319	<0.05	<0.05
6	МТА1-V-1	Персик	NA	<0.01	<0.005	0.74	0.01	0.05	<0.05
6	МТА1-V-2	Стручковая цветная фасоль	<0.001	<0.01	<0.005	1.07	2.189	0.17	<0.05
6	МТА1-V-3	Картофель	<0.001	<0.01	<0.005	1.98	0.197	0.16	<0.05
7	НАГ1-V-1	Стручковая зеленая фасоль	<0.001	<0.01	<0.005	0.6	0.462	0.17	<0.05
7	НАГ1-V-2	Свекла	<0.001	<0.01	0.01	0.66	0.025	<0.05	<0.05
7	НАГ1-V-3	Морковь	<0.001	0.01	<0.005	0.34	0.057	<0.05	<0.05
8	ША1-V-1	Стручковая зеленая фасоль	<0.001	0.01	<0.005	0.49	0.803	0.05	<0.05
8	ША1-V-2	Картофель	<0.001	<0.01	0.013	2.02	0.183	0.05	<0.05
9	МТА2-V-1	Персик	NA	<0.01	<0.005	0.77	0.019	<0.05	<0.05
9	МТА2-V-2	Яблоко	NA	<0.01	<0.005	0.15	0.028	<0.05	<0.05
9	МТА2-V-3	Картофель	<0.001	<0.01	0.012	1.67	0.131	0.08	<0.05
-	АКН1-MED-1	Мед	NA	<0.01	<0.005	0.15	0.009	<0.05	<0.05
-	НАГ1-MED-1	Мед	NA	<0.01	<0.005	0.31	0.006	0.05	<0.05

**Таблица 22: Концентрация тяжелых металлов в пробах волос.**

<b>Место</b>	<b>Проба ID</b>	<b>Ртуть [мг/кг ]</b>	<b>Мышьяк [мг/кг ]</b>	<b>Кадмий [мг/кг ]</b>	<b>Медь [мг/кг ]</b>	<b>Молибден [мг/кг ]</b>	<b>Никель [мг/кг ]</b>	<b>Свинец [мг/кг ]</b>
<b>1</b>	AKR1-H-1	0.045	<0.1	0.011	7.8	<0.5	28.6	1.58
<b>1</b>	AKR1-H-2	0.65	<0.1	0.05	8.7	<0.5	45.1	0.99
<b>1</b>	AKR1-H-3	0.07	0.14	0.06	8.2	<0.5	33.4	0.59
<b>2</b>	SAN1-H-1	0.092	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>2</b>	SAN1-H-2	0.108	<0.1	0.02	9.6	<0.5	2.3	0.57
<b>2</b>	SAN1-H-3	0.121	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>3</b>	ALA1-H-1	0.021	<0.1	0.04	11.9	<0.5	27	1.51
<b>5</b>	AKH1-H-1	0.119	<0.1	0.02	16.3	<0.5	<1	0.4
<b>6</b>	MTA1-H-2	0.05	<0.1	0.01	10.9	<0.5	1.7	0.66
<b>7</b>	HAG1-H-1	0.035	<0.1	0.02	9.2	<0.5	5.2	0.38
<b>8</b>	SHA1-H-1	0.111	<0.1	0.07	11.7	<0.5	1.8	0.88
<b>9</b>	MTA2-H-1	0.021	<0.1	0.04	12	<0.5	16.7	0.64
<b>9</b>	MTA2-H-2	0.024	<0.1	0.02	10.1	<0.5	1.3	0.21

**Приложение III: Неканцерогенные риски для здоровья, связанные с тяжелыми металлами.**

*Таблица 23: Результаты расчета неканцерогенных рисков для здоровья человека (HQ), связанных с содержанием мышьяка в пробах почв, взятых в Армении. Значения HQ, превышающие 1, выделены жирным шрифтом.*

Место	Проба ID	Концентрация [мг/кг DW]	HQ для взрослых				HQ для детей			
			Путь экспозиции				Путь экспозиции			
			Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего	Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего
<b>1</b>	AKR1-S-1	43.36	9.1E-03	2.7E-03	2.6E-01	2.7E-01	3.1E-01	1.8E-02	5.6E-01	8.9E-01
<b>2</b>	SAN1-S-1	41.29	8.7E-03	2.6E-03	2.4E-01	2.5E-01	2.9E-01	1.7E-02	5.4E-01	8.5E-01
<b>3</b>	ALA1-S-1	44.99	9.4E-03	2.8E-03	2.7E-01	2.8E-01	3.2E-01	1.9E-02	5.8E-01	9.2E-01
<b>4</b>	CHT1-S-1	146.80	3.1E-02	9.2E-03	8.7E-01	9.1E-01	<b>1.0E+00</b>	6.2E-02	<b>1.9E+00</b>	<b>3.0E+00</b>
<b>5</b>	AKH1-S-1	66.95	1.4E-02	4.2E-03	4.0E-01	4.1E-01	4.8E-01	2.8E-02	8.7E-01	<b>1.4E+00</b>
<b>6</b>	MTA1-S-1	29.52	6.2E-03	1.9E-03	1.7E-01	1.8E-01	2.1E-01	1.2E-02	3.8E-01	6.1E-01
<b>7</b>	HAG1-S-1	27.85	5.8E-03	1.8E-03	1.6E-01	1.7E-01	2.0E-01	1.2E-02	3.6E-01	5.7E-01
<b>8</b>	SHA1-S-1	40.95	8.6E-03	2.6E-03	2.4E-01	2.5E-01	2.9E-01	1.7E-02	5.3E-01	8.4E-01
<b>9</b>	MTA2-S-1	30.51	6.4E-03	1.9E-03	1.8E-01	1.9E-01	2.2E-01	1.3E-02	4.0E-01	6.3E-01

Таблица 24: Результаты расчета неканцерогенных рисков для здоровья человека (HQ), связанных с содержанием кадмия в пробах почв, взятых в Армении. Значения HQ, превышающие 1, выделены жирным шрифтом.

Место	Проба ID	Концентрация [мг/кг DW]	HQ для взрослых				HQ для детей			
			Путь экспозиции				Путь экспозиции			
			Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего	Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего
<b>1</b>	AKR1-S-1	1.38	1.8E-04	1.8E-06	6.3E-02	6.4E-02	5.9E-03	8.8E-06	1.5E-01	1.6E-01
<b>2</b>	SAN1-S-1	0.29	3.8E-05	3.8E-07	1.3E-02	1.3E-02	1.3E-03	1.9E-06	3.2E-02	3.3E-02
<b>3</b>	ALA1-S-1	1.52	2.0E-04	2.0E-06	7.0E-02	7.0E-02	6.6E-03	9.8E-06	1.7E-01	1.7E-01
<b>4</b>	CHT1-S-1	3.89	5.1E-04	5.1E-06	1.8E-01	1.8E-01	1.7E-02	2.5E-05	4.3E-01	4.4E-01
<b>5</b>	AKH1-S-1	12.90	1.7E-03	1.7E-05	5.9E-01	5.9E-01	5.5E-02	8.3E-05	<b>1.4E+00</b>	<b>1.5E+00</b>
<b>6</b>	MTA1-S-1	0.89	1.2E-04	1.2E-06	4.1E-02	4.1E-02	3.8E-03	5.7E-06	9.8E-02	1.0E-01
<b>7</b>	HAG1-S-1	0.37	4.8E-05	4.8E-07	1.7E-02	1.7E-02	1.6E-03	2.4E-06	4.1E-02	4.3E-02
<b>8</b>	SHA1-S-1	0.92	1.2E-04	1.2E-06	4.2E-02	4.2E-02	4.0E-03	5.9E-06	1.0E-01	1.1E-01
<b>9</b>	MTA2-S-1	0.38	5.0E-05	5.0E-07	1.8E-02	1.8E-02	1.7E-03	2.5E-06	4.2E-02	4.4E-02

**Таблица 25: Результаты расчета неканцерогенных рисков для здоровья человека (HQ), связанных с содержанием никеля в пробах почв, взятых в Армении.**

Место	Проба ID	Концентрация [мг/кг DW]	HQ для взрослых				HQ для детей			
			Путь экспозиции				Путь экспозиции			
			Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего	Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего
1	AKR1-S-1	41.70	1.6E-04	4.0E-06	5.0E-03	5.2E-03	3.1E-03	9.2E-05	8.8E-03	1.2E-02
2	SAN1-S-1	36.36	1.4E-04	3.5E-06	4.4E-03	4.5E-03	2.7E-03	8.0E-05	7.6E-03	1.0E-02
3	ALA1-S-1	50.86	1.9E-04	4.9E-06	6.1E-03	6.3E-03	3.8E-03	1.1E-04	1.1E-02	1.5E-02
4	CHT1-S-1	52.48	2.0E-04	5.1E-06	6.3E-03	6.5E-03	3.9E-03	1.2E-04	1.1E-02	1.5E-02
5	AKH1-S-1	35.20	1.3E-04	3.4E-06	4.2E-03	4.4E-03	2.6E-03	7.7E-05	7.4E-03	1.0E-02
6	MTA1-S-1	11.36	4.3E-05	1.1E-06	1.4E-03	1.4E-03	8.5E-04	2.5E-05	2.4E-03	3.3E-03
7	HAG1-S-1	37.15	1.4E-04	3.6E-06	4.5E-03	4.6E-03	2.8E-03	8.2E-05	7.8E-03	1.1E-02
8	SHA1-S-1	58.42	2.2E-04	5.7E-06	7.0E-03	7.2E-03	4.4E-03	1.3E-04	1.2E-02	1.7E-02
9	MTA2-S-1	44.01	1.7E-04	4.3E-06	5.3E-03	5.5E-03	3.3E-03	9.7E-05	9.2E-03	1.3E-02

**Таблица 26: Результаты расчета неканцерогенных рисков для здоровья человека (HQ), связанных с содержанием свинца в пробах почв, взятых в Армении. Значения HQ, превышающие 1, выделены жирным шрифтом.**

Место	Проба ID	Концентрация [мг/кг DW]	HQ для взрослых				HQ для детей			
			Путь экспозиции				Путь экспозиции			
			Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего	Попадание почвы в пищеварительную систему	Кожный контакт с почвой	Потребление овощей	Всего
<b>1</b>	AKR1-S-1	71.15	1.2E-03	1.1E-04	0.0E+00	1.3E-03	4.2E-02	8.5E-04	0.0E+00	4.3E-02
<b>2</b>	SAN1-S-1	20.50	3.5E-04	3.3E-05	0.0E+00	3.8E-04	1.2E-02	2.5E-04	0.0E+00	1.2E-02
<b>3</b>	ALA1-S-1	77.03	1.3E-03	1.2E-04	0.0E+00	1.4E-03	4.5E-02	9.2E-04	0.0E+00	4.6E-02
<b>4</b>	CHT1-S-1	122.08	2.1E-03	2.0E-04	0.0E+00	2.3E-03	7.2E-02	1.5E-03	0.0E+00	7.3E-02
<b>5</b>	AKH1-S-1	173.74	3.0E-03	2.8E-04	0.0E+00	3.2E-03	1.0E-01	2.1E-03	0.0E+00	1.0E-01
<b>6</b>	MTA1-S-1	91.35	1.6E-03	1.5E-04	0.0E+00	1.7E-03	5.4E-02	1.1E-03	0.0E+00	5.5E-02
<b>7</b>	HAG1-S-1	16.94	2.9E-04	2.7E-05	0.0E+00	3.2E-04	1.0E-02	2.0E-04	0.0E+00	1.0E-02
<b>8</b>	SHA1-S-1	114.65	1.9E-03	1.8E-04	0.0E+00	2.1E-03	6.8E-02	1.4E-03	0.0E+00	6.9E-02
<b>9</b>	MTA2-S-1	10.34	1.8E-04	1.7E-05	0.0E+00	1.9E-04	6.1E-03	1.2E-04	0.0E+00	6.2E-03

**Приложение IV: Расчетное суточное потребление оцениваемых тяжелых металлов через прием продуктов питания**

*Таблица 27: Расчетное суточное потребление оцениваемых тяжелых металлов для мужчин, согласно каждому пищевому продукту и их суммы.*

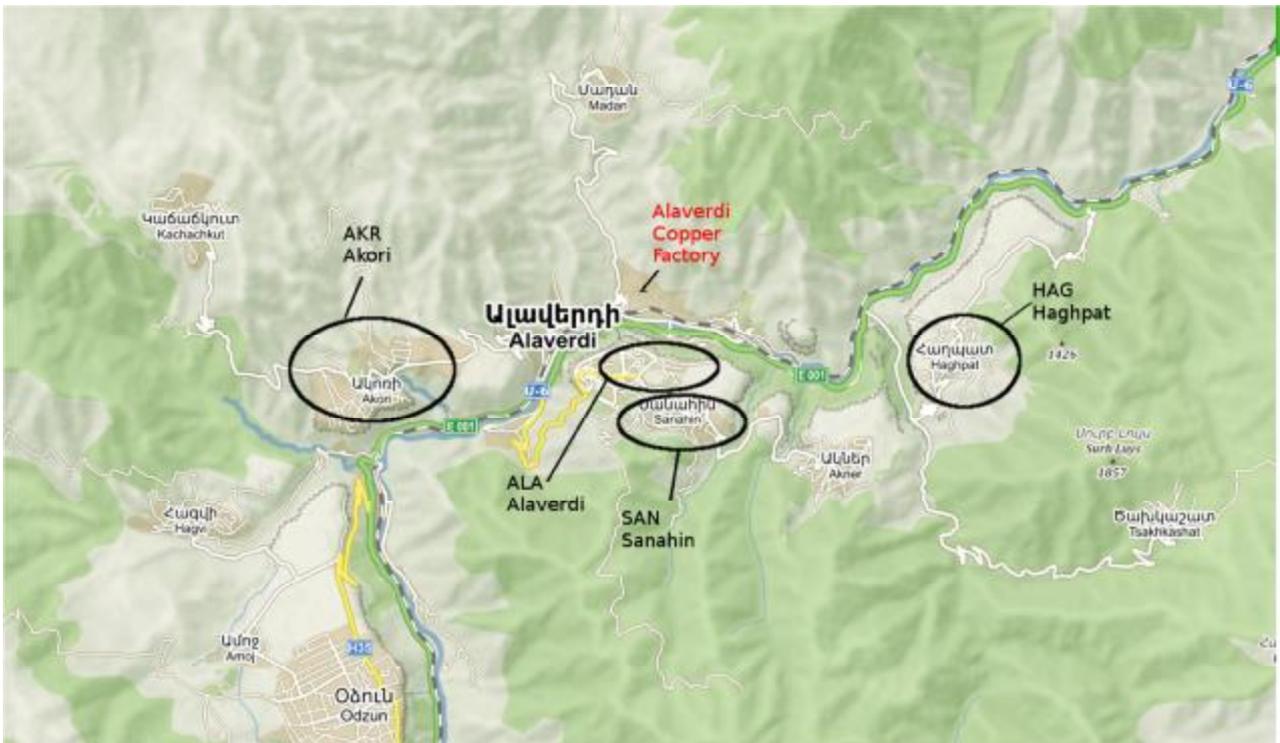
Пищевой продукт	Ртуть [мг/кг ВВ/д]	Мышьяк [мг/кг ВВ/д]	Кадмий [мг/кг ВВ/д]	Медь [мг/кг ВВ/д]	Молибден [мг/кг ВВ/д]	Никель [мг/кг ВВ/д]	Свинец [мг/кг ВВ/д]
Лесной орех	0.0000 000000	0.0000 065753	0.0000 000000	0.0006 396869	0.0000 191624	0.0000 572994	0.0000 000000
Фасоль	0.0000 000000	0.0000 176125	0.0000 016634	0.0008 776908	0.0026 457926	0.0001 174168	0.0000 000000
Картофель	0.0000 000000	0.0000 039139	0.0000 076321	0.0015 655577	0.0001 724070	0.0000 704501	0.0000 000000
Мальва	0.0000 000235	0.0000 016438	0.0000 007280	0.0000 432094	0.0000 125871	0.0000 044618	0.0000 051663
Лук	0.0000 000000	0.0000 039139	0.0000 019569	0.0003 365949	0.0000 724070	0.0000 000000	0.0000 000000
Нектарин	0.0000 000000	0.0000 187867	0.0000 000000	0.0001 268102	0.0000 089237	0.0000 000000	0.0000 000000
Инжир	0.0000 000000	0.0000 023483	0.0000 000000	0.0001 749511	0.0000 132681	0.0000 199609	0.0000 000000
Слива	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0003 569472	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000
Бasilик	0.0000 000196	0.0000 013699	0.0000 000000	0.0000 348337	0.0000 093151	0.0000 017613	0.0000 000000
Кизил обыкновенный	0.0000 000000	0.0000 023483	0.0000 000000	0.0000 375734	0.0000 019961	0.0000 000000	0.0000 000000
Персик	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0003 545988	0.0000 068102	0.0000 117417	0.0000 000000
Буряк	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 078278	0.0005 166341	0.0000 195695	0.0000 000000	0.0000 000000
Морковь	0.0000 000000	0.0000 078278	0.0000 000000	0.0002 661448	0.0000 446184	0.0000 000000	0.0000 000000
Яблоко	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 704501	0.0000 131507	0.0000 000000	0.0000 000000
Мед	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 090020	0.0000 002935	0.0000 009785	0.0000 000000
<b>Сумма всех пищевых продуктов</b>	<b>0.0000 000431</b>	<b>0.0000 663405</b>	<b>0.0000 198082</b>	<b>0.0054 106849</b>	<b>0.0030 403014</b>	<b>0.0002 840705</b>	<b>0.0000 051663</b>

**Таблица 28: Расчетное суточное потребление оцениваемых тяжелых металлов для женщин, согласно каждому пищевому продукту и их суммы.**

Пищевой продукт	Ртуть [мг/кг BW/д]	Мышьяк [мг/кг BW/ д]	Кадмий [мг/кг BW/д]	Медь [мг/кг BW/д]	Молибден [мг/кг BW/д]	Никель [мг/кг BW/д]	Свинец [мг/кг BW/д]
Лесной орех	0.0000 000000	0.0000 076712	0.0000 000000	0.0007 463014	0.0000 223562	0.0000 668493	0.0000 000000
Фасоль	0.0000 000000	0.0000 205479	0.0000 019406	0.0010 239726	0.0030 867580	0.0001 369863	0.0000 000000
Картофель	0.0000 000000	0.0000 045662	0.0000 089041	0.0018 264840	0.0002 011416	0.0000 821918	0.0000 000000
Мальва	0.0000 000274	0.0000 019178	0.0000 008493	0.0000 504110	0.0000 146849	0.0000 052055	0.0000 060274
Лук	0.0000 000000	0.0000 045662	0.0000 022831	0.0003 926941	0.0000 844749	0.0000 000000	0.0000 000000
Нектарин	0.0000 000000	0.0000 219178	0.0000 000000	0.0001 479452	0.0000 104110	0.0000 000000	0.0000 000000
Инжир	0.0000 000000	0.0000 027397	0.0000 000000	0.0002 041096	0.0000 154795	0.0000 232877	0.0000 000000
Слива	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0004 164384	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000
Бasilик	0.0000 000228	0.0000 015982	0.0000 000000	0.0000 406393	0.0000 108676	0.0000 020548	0.0000 000000
Кизил обыкновенный	0.0000 000000	0.0000 027397	0.0000 000000	0.0000 438356	0.0000 023288	0.0000 000000	0.0000 000000
Персик	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0004 136986	0.0000 079452	0.0000 136986	0.0000 000000
Свекла	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 091324	0.0006 027397	0.0000 228311	0.0000 000000	0.0000 000000
Морковь	0.0000 000000	0.0000 091324	0.0000 000000	0.0003 105023	0.0000 520548	0.0000 000000	0.0000 000000
Яблоко	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 821918	0.0000 153425	0.0000 000000	0.0000 000000
Мед	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 000000	0.0000 105023	0.0000 003425	0.0000 011416	0.0000 000000
<b>Сумма всех пищевых продуктов</b>	<b>0.0000 000502</b>	<b>0.0000 773973</b>	<b>0.0000 231096</b>	<b>0.0063 124658</b>	<b>0.0035 470183</b>	<b>0.0003 314155</b>	<b>0.0000 060274</b>

## Приложение V: Карта мест отбора проб

Источник загрязнения: Алавердский медеплавильный завод



Источник загрязнения: Шахта в Ахтале, хвостохранилище в Мец Айруме



---

## Приложение VI: Фотографии

### Места отбора проб вблизи хвостохранилища



### Мальва- проба с высоким уровнем кадмия



---

**Земля после полива в Ахталинском саду. Жители очень часто используют воду из рек Шамлуг и Дебед, куда попадают сточные воды из рудников и медных заводов.**





Данный отчет был подготовлен и опубликован как часть проекта с финансовой поддержкой Министерства иностранных дел Чешской республики в рамках программы по содействию в преобразованиях. Данная публикация является частью проекта «Расширение прав и возможностей гражданского общества в г. Алаверди и г. Ахтала в решении проблем промышленного загрязнения», осуществлен программой по токсичным веществам отходам «Arnika», программой «Центр общественной мобилизации и поддержки» (CCMS) и программой «Ecolur» в рамках проекта по содействию в преобразованиях. Данный репорт был осуществлен также благодаря фонду Global Greengrants Fund.



**TRANSITION**

