

УДК:613.2:615.9

Кыргыз Республикасынын ар кандай техногендик жүктөмдөгү региондорундагы жашылчалардагы уулуу металлдарК.С. Салымбекова¹, А.А. Шаршенова^{1,2}, М.Б. Исирайилов³¹ Коомдук саламаттыкты сактоо Улуттук институту,² Эл аралык Жогорку Медицина Мектеби,³ Райондор аралык Кадамжай оорулардын алдын алуу жана мамлекеттик санитардык-эпидемиологиялык көзөмөл борбору,

Бишкек, Кыргыз Республикасы

МАКАЛА ЖӨНҮНДӨ МААЛЫМАТ КОРУТУНДУ

Негизги сөздөр:

Сымап

Коргошун

Уулуу металлдар

Кабык жана целлюлоза

Тамыр жемиштер

Техногендик булгануу

Кыргыз Республикасы

Киришүү. Өсүмдүк тектүү азык-түлүктөрдүн сапатына экологиялык булгануунун таасирин баалоо максатында Баткен облусунда (техногендик таасир зонасы) жана Талас облусунда (көзөмөл зонасы) өстүрүлгөн сабиз менен картошкадагы уулуу металлдардын (коргошун, кадмий, мышьяк, сымап, сурьма жана селен) курамы изилденди. Баткенде 16 картошка жана 7 сабиз үлгүсү, Таласта – 19 картошка жана 8 сабиз үлгүсү алынды. Жалпысынан кабыгы алынган жана алынбаган фракцияларды кошкондо 50 үлгү изилденди.

Изилдөөнүн максаты. Ар түрдүү техногендик жүк астындагы аймактарда өстүрүлгөн картошка менен сабиздин кабыгында жана жумшак бөлүгүндө уулуу металлдардын курамын баалоо жана калк үчүн мүмкүн болгон саламаттык коркунучтарын аныктоо.

Материалдар жана ыкмалар. Уулуу элементтердин курамы индуктив дүү байланышкан плазма менен масс-спектрометрия ыкмасы (ICP-MS) аркылуу аныкталды. Маалыматтар статистикалык ыкмалардын жардамы менен иштетилди.

Жыйынтыктар. Изилдөөнүн жыйынтыктары Баткен облусунан алынган үлгүлөрдө уулуу элементтердин концентрациясы кыйла жогору экенин көрсөттү, айрыкча жашылчалардын кабыгында алдын ала кылдат жуулганына карабастан. Эң жогорку булгануу деңгээли кадмий, сурьма, сымап жана мышьяк боюнча аныкталды, айрым учурларда кадмий менен сымаптын көлөмү белгиленген жол берилген чектен (ПДК) ашып кеткен. Алынган маалыматтар кабыктын уулуу металлдарды топтоо жөндөмүнүн жогору экенин жана техногендик таасир шарттарында өстүрүлгөн жашылчаларды колдонуу калктын ден соолугу үчүн мүмкүн болгон коркунучтарды жаратышы мүмкүн экенин көрсөтөт.

Корутунду. Жүргүзүлгөн изилдөө көрсөткөндөй, Баткен облусунун техногендик таасири бар аймактарында өстүрүлгөн сабиз менен кар-

Адрес для переписки:

Салымбекова Касиет Салымбековна, 720005,
Кыргызская Республика, Бишкек, ул. Байтик Баатыра, 34
НИОЗ МЗ КР
Тел.: + 996 776 053 210
E-mail: salymbekova.kasiet@gmail.com

Contacts:

Salymbekova Kasiet Salymbekovna, 720005,
34, Baytik Baatyr str, Bishkek, Kyrgyz Republic
NIPH MoH KR
Phone: +996 776 053 210
E-mail: salymbekova.kasiet@gmail.com

Для цитирования:

Салымбекова К.С., Шаршенова А.А., Исирайилов М.Б. Токсичные металлы в овощах из регионов Кыргызской Республики с различной техногенной нагрузкой. Научно-практический журнал «Здравоохранение Кыргызстана» 2026, № 1, с. 131-138. doi.10.51350/zdravkg2026.1.3.16.131.138

Citation:

Salymbekova K.S., Sharshenova A.A., Isirayilov M.B. Toxic metals in vegetables from regions of the Kyrgyz Republic with varying technogenic loads. Scientific practical journal "Health care of Kyrgyzstan" 2026, No.1, p. 131-138. doi.10.51350/zdravkg2026.1.3.16.131.138

тошкада уулуу металлдардын (As, Cd, Sb, Hg, Pb) концентрациясы көзөмөл районуна караганда кыйла жогору болгон. Эң жогорку көрсөткүчтөр кабыгында катталган, бул продуктуу туруктуу колдонууда адамдын саламаттыгына коркунуч жаратышы мүмкүн экенин көрсөтөт. Натыйжалар өсүмдүктөрдүн оор металлдарды топурактан системалуу түрдө сиңирип алышын жана жашылчанын сапатын үзгүлтүксүз көзөмөлдөөнүн, ошондой эле калк арасында санитардык-агартуу иштерин жүргүзүүнүн зарылдыгын баса белгилейт.

Токсичные металлы в овощах из регионов Кыргызской Республики с различной техногенной нагрузкой

К.С. Салымбекова¹, А.А. Шаршенова^{1,2}, М.Б. Исирайилов³

¹ Национальный институт общественного здоровья,

² Международная высшая школа медицины,

³ Межрайонный Кадамжайский центр профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора,
Бишкек, Кыргызская Республика

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

РЕЗЮМЕ

Ключевые слова:

Ртуть

Свинец

Токсичные металлы

Кожура и мякоть

Корнеплоды

Техногенное загрязнение

Кыргызская Республика

Введение. Для оценки влияния экологического загрязнения на качество продуктов питания растительного происхождения было проведено исследование содержания токсических металлов (свинца, кадмия, мышьяка, ртути, сурьмы и селена) в моркови и картофеле, выращенных в Баткенской области (зона техногенного воздействия) и Таласской области (контрольная зона). В Баткене отобрали 16 проб картофеля и 7 моркови, в Таласе — 19 проб картофеля и 8 моркови. Всего отобрано 50 образцов, включая очищенную и неочищенную фракции корнеплодов. *Цель исследования.* Оценить содержание токсичных металлов в кожуре и мякоти картофеля и моркови, выращенных в регионах с разной техногенной нагрузкой, и определить потенциальные риски для здоровья населения.

Материалы и методы. Определение содержания токсических элементов проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Данные обрабатывались с применением статистических методов.

Результаты. Анализ результатов показал, что в образцах из Баткенской области концентрации большинства токсичных элементов значительно выше, особенно в кожуре овощей, несмотря на предварительное тщательное мытье. Наибольшие уровни загрязнения отмечены для кадмия, сурьмы, ртути и мышьяка, при этом в ряде случаев концентрации кадмия и ртути превышают установленные предельно допустимые концентрации (ПДК). Полученные данные указывают на выраженную способность кожуры накапливать токсические металлы и употребление овощей, выращенных в условиях техногенного воздействия, могут привести к потенциальным рискам для здоровья населения.

Заключение. Проведенное исследование показало, что в моркови и картофеле, выращенных в условиях техногенного воздействия Баткенской области, концентрации токсичных металлов (As, Cd, Sb, Hg, Pb) значительно выше, чем в контрольной зоне. Наибольшие превышения были обнаружены в кожуре, что указывает на повышенный риск для здоровья человека при регулярном потреблении. Результаты подчеркивают системное накопление металлов растениями из почвы и необходимость регулярного мониторинга качества овощей, а также санитарно-просветительской работы среди населения.

Toxic metals in vegetables from regions of the Kyrgyz Republic with varying technogenic loads

K.S. Salymbekova ^a, A.A. Sharshenova ^{a,b}, M.B. Isirayilov ^c

^a National Institute of Public Health,

^b International Higher School of Medicine,

^c Interdistrict Kadamjay Center for Disease Prevention and State Sanitary and Epidemiological Surveillance, Bishkek, Kyrgyz Republic

ARTICLE INFO

Key words:

Mercury

Lead

Toxic Metals

Peel and Pulp

Root Fruits

Technogenic Pollution

Kyrgyz Republic

ABSTRACT

Introduction. To assess the impact of environmental pollution on the quality of plant-based food products, a study was conducted on the content of toxic metals (lead, cadmium, arsenic, mercury, antimony, and selenium) in carrots and potatoes grown in Batken Region (zone of technogenic impact) and Talas Region (control zone). In Batken, 16 potato samples and 7 carrot samples were collected; in Talas, 19 potato samples and 8 carrot samples were taken. In total, 50 samples were analyzed, including peeled and unpeeled fractions of root crops.

Objective of the study. To evaluate the content of toxic metals in the peel and pulp of potatoes and carrots grown in regions with different levels of technogenic load, and to determine potential risks to public health.

Materials and methods. The determination of toxic element content was carried out using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The data were processed using statistical methods.

Results. The analysis showed that in samples from Batken Region, the concentrations of most toxic elements were significantly higher, especially in the peels of vegetables, despite thorough preliminary washing. The highest levels of contamination were observed for cadmium, antimony, mercury, and arsenic, and in some cases the concentrations of cadmium and mercury exceeded the established maximum permissible concentrations (MPC). The obtained data indicate a pronounced ability of the peel to accumulate toxic metals, and the consumption of vegetables grown under conditions of technogenic impact may lead to potential risks to public health.

Conclusion. The conducted study showed that in carrots and potatoes grown in areas with technogenic impact in the Batken region, the concentrations of toxic metals (As, Cd, Sb, Hg, Pb) were significantly higher compared to the control area. The highest levels were detected in the peel, indicating a potential health risk with regular consumption. The results highlight the systematic accumulation of metals by plants from the soil and emphasize the need for regular monitoring of vegetable quality, as well as public health education among the population.

Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами остается актуальной экологической проблемой для Кыргызской Республики. Наибольшую обеспокоенность вызывает ртуть, обладающая высокой токсичностью, способностью к биоаккумуляции и длительным периодом полувыведения из экосистем [1-3]. Она легко накапливается в почвах, далее переходит в растительную продукцию и может поступать в организм человека преимущественно алиментарным путем. Помимо ртути, техногенное воздействие

приводит к накоплению других токсичных элементов – кадмия, свинца, мышьяка и сурьмы, которые могут усиливать действие друг друга [1, 4, 3]. Селен, напротив, является антагонистом ртути и способен снижать ее биодоступность, образуя стабильные комплексы Hg-Se [4, 5]. Для оценки потенциальных гигиенических рисков в настоящем исследовании были выбраны два региона: Баткенская область (Айдаркен, Чаувай) — территория, подверженная загрязнению вследствие ртутьсодержащих производств; Таласская область — контрольная зона, где отсутствуют известные источники загрязнения токсич-

Таблица 1. Содержание токсических металлов в моркови и картофеле в Кыргызской Республике, нг/г

Table 1. Content of toxic metals in carrots and potatoes in the Kyrgyz Republic, ng/g

Образцы		n	As (M±m) (min- max), ng/g	Se (M±m) (min- max), ng/g	Cd (M±m) (min- max), ng/g	Sb (M±m) (min- max), ng/g	Hg (M±m) (min- max), ng/g	Pb (M±m) (min- max), ng/g
Морковь исследуемая группа	a – без кожуры	7	84,7±1 7,6 (14,0- 164,8)	52,1±2 5,0 (<LOD - 152,26)	43,0±7, 0 (26,7- 74,0)	50,0±1 4,8 (1,3- 112,4)	35,3±6, 9 (3,0- 61,3)	82,2±2 0,5 (36,4- 192,5)
	b – с кожурой	7	198,1± 53,2 (59,0- 418,4)	49,7±2 6,2 (<LOD -168,4)	58,1±1 0,0 (29,2- 105,4)	198,2± 52,7 (9,8- 433,2)	50,9±1 1,5 (1,4- 84,3)	81,7±1 2,0 (46,5- 137,7)
Морковь контрольная группа	a – без кожуры	8	50,7±1 5,6 (13,5- 132,0)	33,5±1 3,9 (0,63- 124,0)	22,2±5, 7 (5,8- 53,3)	2,7±0,5 (0,5- 4,6)	1,43±0, 12 (0,9- 1,9)	67,6±1 6,2 (13,9- 144,0)
	b – с кожурой	8	88,3±2 5,1 (38,2- 251,0)	28,0±8, 4 (6,3- 79,8)	23,1±6, 1 (5,5- 58,5)	13,6±5, 7 (2,1- 53,1)	1,8±0,2 (1,0- 2,7)	133,6± 29,8 (46,9- 313,0)
Картофель исследуемая группа	a – без кожуры	1 6	25,2±8, 7 (<LOD - 112,5)	33,1±1 2,2 (<LOD -186,9)	47,0±6, 2 (18,2- 87,0)	44,9±6, 6 (<LOD -87,4)	1,6±0,3 (<LOD -4,0)	69,0±5 9,2 (<LOD -895,1)
	b – с кожурой	1 6	35,7±7, 8 (3,2- 130,0)	32,2±8, 9 (<LOD -139,4)	52,3±6, 1 (24,1- 117,0)	104,4± 16,8 (2,7- 241,9)	14,6±7, 8 (<LOD -130,2)	174,1± 147,4 (2,0- 2383,0)
Картофель контрольная группа	a – без кожуры	1 9	9,4±1,5 (0,4- 23,9)	34,2±8, 7 (4,3- 146,0)	43,7±4, 8 (11,3- 94,0)	1,1±0,2 (<LOD -2,7)	0,2±0,0 4 (<LOD -0,6)	28,6±8, 5 (<LOD -167,0)
	b – с кожурой	1 9	24,6±2, 6 (11,3- 52,8)	30,3±7, 5 (6,4- 126,0)	48,4±4, 7 (13,8- 94,4)	4,4±0,6 (<LOD -9,5)	0,4±0,0 8 (<LOD -1,4)	44,9±4, 9 (11,3- 95,8)

Примечание: n – количество проб, M – средние значения ± t стандартная ошибка, min-минимум, max-максимум, нг/г.

ными металлами. Ранее исследования, проведенные в Кыргызской Республике, показали наличие тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции [6-8]. Данное исследование было выполнено в рамках проекта программы STER Международного теоретического физического центра/ Международного агентства по атомной энергии (МТФЦ/МАГАТЭ). Объектом исследования выбраны морковь и карто-

фель — корнеплоды, занимающие важное место в ежедневном рационе населения Кыргызстана и часто употребляемые как с кожурой, так и без нее. Анализ кожуры и мякоти позволяет определить распределение токсичных элементов и оценить влияние бытовой обработки на снижение поступления этих элементов в организм [9-12].

Цель исследования. Оценить содержание ртути и других токсичных элементов в кожуре и мякоти картофеля и моркови, выращенных в регионах с разной техногенной нагрузкой, и определить потенциальные риски для здоровья населения.

Материалы и методы

Объекты исследования. В исследовании были проанализированы образцы двух основных овощных культур — картофеля и моркови, выращенных в Баткенской области (исследуемая зона) и Таласской области (контрольная зона) Кыргызской Республики.

Для каждого образца проводился анализ двух фракций:

- неочищенной (с кожурой) — отражающей традиционные практики питания и хранения;
- очищенной (без кожуры) — позволяющей оценить степень снижения содержания металлов при бытовой обработке.

Все образцы с кожурой были тщательно промыты мыльным раствором и проточной водой, что исключает влияние поверхностных загрязнений. Всего было проанализировано 50 образцов корнеплодов.

Подготовка образцов пищевых продуктов. Подготовка образцов была проведена на базе Института Йожефа Стефана (Словения) в период программы STER MTFЦ/МАГАТЭ.

Гомогенизация и предварительная обработка. Овощи промывали деионизованной водой. Вариант «с кожурой» резали в исходном состоянии, в варианте «без кожуры» внешняя часть удалялась ножом из нержавеющей стали. Для получения однородной массы проводилась нарезка овощей ножами из нержавеющей стали, далее гомогенизировали с использованием измельчителя Retch GM 200, между образцами проводилась дезактивация оборудования (Milli-Q вода + этанол).

Лиофилизация. Гомогенизированные образцы замораживали и высушивали до постоянной массы в лиофилизаторе. Это обеспечивало сохранность анализируемых элементов и возможность корректного пересчета на сухую массу.

Измельчение и хранение. Высушенные образцы измельчались до однородного порошка с помощью ступки и пестика, для некоторых образцов применялись кофемолка и мельница. Полученные порошки помещали в очищенные и промаркированные контейнеры и хранили до момента минерализации.

Минерализация образцов. Для разрушения матрицы использовали микроволновую систему *Milestone Ultrawave*, программу *milk*. На каждую пробу взвешивали примерно 0,10 г лиофилизированного порошка и добавляли 1 мл 65 % азотной кислоты (HNO₃) и 0,2 мл соляной кислоты (HCl). После расщепления образца раствор доводили до 10 мл ульт-

рачистой водой, затем 1 мл этого раствора разбавляли до 5-10 мл.

Инструментальный анализ ICP-MS. Содержание химических элементов (Hg, Pb, Cd, As, Sb, Se) определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Контроль качества включал: холостые пробы, аналитические дубликаты, сертифицированные референтные материалы (*NIST 1570a Spinach Leaves, NIST 1573a Tomato Leaves, NIST 1547 Peach Leaves*). Оценивали точность, повторяемость и соответствие QA/QC-критериям, при отклонениях анализ повторяли.

Обработка данных. Результаты пересчитывали на сухую массу с учетом навески и коэффициентов разбавления. Статистическая обработка включала: среднее значение (M), стандартную ошибку (m), диапазон min–max. Статистическая обработка включала: сравнение средних значений между регионами, оценку различий между фракциями (кожура/мякоть), выявление образцов с превышением ПДК. Оценка полученных концентраций проводилась с учетом действующих санитарных нормативов Кыргызской Республики [13, 14].

Результаты

Анализ содержания тяжелых металлов в моркови и картофеле из исследуемого региона (Баткенская область) и контрольной зоны (Таласская область) выявил существенные различия как между регионами, так и между образцами с кожурой и без нее. Сводные данные представлены в табл. 1. Во всех случаях концентрации химических элементов в кожуре были выше, чем в очищенной части образцов. Выявленные уровни загрязнения сопоставлялись с предельно допустимыми концентрациями, установленными санитарными нормами и международными регуляторными документами [13, 14, 19, 20].

Сравнение кожуры и мякоти моркови в исследуемой зоне. В моркови из Баткенской области наблюдается значительное увеличение содержания токсических металлов в кожуре по сравнению с мякотью (табл. 1). Концентрации мышьяка (As), сурьмы (Sb), кадмия (Cd) и ртути (Hg) в моркови с кожурой были значительно выше по сравнению с образцами без кожуры. Содержание мышьяка в кожуре больше в 2,3 раза, чем в мякоти (с кожурой — 198,1 ± 53,2 нг/г и без кожуры — 84,7 ± 17,6 нг/г). В кожуре моркови сурьма содержится в 4 раза больше, чем в мякоти (198,2 ± 52,7 нг/г и 50,0 ± 14,8 нг/г). А концентрации кадмия (58,1 ± 10,0 нг/г и 43,0 ± 7,0 нг/г) и ртути (50,9 ± 11,5 нг/г и 35,3 ± 6,9 нг/г) в кожуре превышали незначительно, в пределах 1,3 раза. Данные наглядно представлены на рис. 1, где видно, что для всех элементов кожура характеризуется наибольшим накоплением.

Сравнение моркови в исследуемой и контрольной

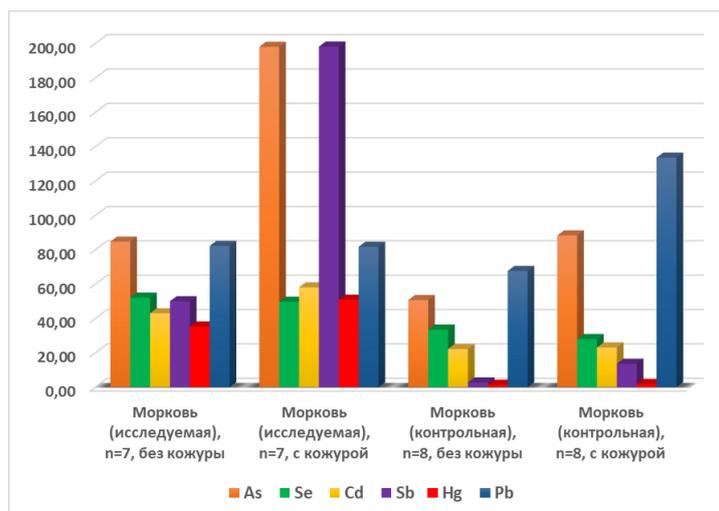


Рисунок 1. Содержание токсических металлов в моркови в исследуемой и контрольной зоне в Кыргызской Республике, нг/г

Figure 1. Content of toxic metals in carrots in the study and control areas in Kyrgyz Republic, ng/g

ной зоне. Для моркови из Таласской области концентрации элементов существенно ниже. Средние значения мышьяка в кожуре $88,3 \pm 25,1$ нг/г, что в 2,2 раза меньше, чем в Баткенской области ($198,1 \pm 53,2$ нг/г). Сурьма $13,6 \pm 5,7$ нг/г, что в 14 раз меньше, чем в Баткене ($198,2 \pm 52,7$ нг/г). Ртуть $1,8 \pm 0,2$ нг/г, что в 28 раз ниже, чем в Баткене. Исключение составляет Pb – в Таласе в кожуре достигает $133,6 \pm 29,8$ нг/г, что выше уровня Баткена ($81,7 \pm 12,0$ нг/г). Это может быть связано с фоновыми геохимическими особенностями почв региона или локальными источниками свинца.

Сравнение кожуры и мякоти картофеля в исследуемой зоне. Для картофеля аналогично отмечено значительное увеличение содержания металлов в кожуре по сравнению с очищенной частью (табл. 1). В исследуемой зоне кожа Sb содержит в 2,3 раза больше $104,4 \pm 16,8$ нг/г и $44,9 \pm 6,6$ нг/г. Кожа по Hg выше более, чем в 9 раз ($14,6 \pm 7,8$ нг/г и $1,6 \pm 0,3$ нг/г). Свинец в кожуре в среднем в 2,5 раза выше ($174,1 \pm 147,4$ нг/г и $69,0 \pm 59,2$ нг/г), при большой вариабельности (max 2383 нг/г).

Сравнение картофеля в исследуемой и контрольной зоне. В контрольном регионе сурьма в кожуре — всего $4,4 \pm 0,6$ нг/г, что в 24 раза ниже, чем в исследуемой территории. Ртуть — $0,4 \pm 0,08$ нг/г, в 36 раз ниже, чем в Баткенской области. Кадмий — примерно одинаковый уровень между регионами, что указывает на возможный естественный источник или устойчивость картофеля к его накоплению.

Превышение ПДК по токсичным элементам [13, 14]. Для сельхозпродукции установлены нормативы: свинец (Pb) — 500 нг/г, кадмий (Cd) — 30 нг/г, мышьяк (As) — 200 нг/г, ртуть (Hg) — 20 нг/г.

Морковь (с кожурой). В Баткенской области (исследуемая зона) обнаружены превышения: среднее

значение кадмия равно 58,1 нг/г, что превышает ПДК в 1,9 раза, по ртути (50,9 нг/г) превышение ПДК идет в 2,5 раза, по мышьяку (198,1 нг/г) значение было пограничное, концентрации свинца и сурьмы были ниже ПДК, но свинец характеризуется высокой вариабельностью.

Картофель (с кожурой). Результаты показали, что кадмий (52,3 нг/г) превышает ПДК в 1,7 раза, ртуть (14,6 нг/г) находится ниже ПДК, но составляет 80 % предельного уровня. По свинцу средние значения ниже ПДК, но единичные пробы превышают нормативы в разы (max — 2383 нг/г). Это свидетельствует о возможных локальных очагах загрязнения.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что Баткенская область характеризуется повышенной техногенной нагрузкой. Все токсичные элементы (As, Cd, Sb, Hg, Pb) обнаруживаются в значительно более высоких концентрациях в сравнении с контрольной зоной. Кожа овощей в исследовании показывает выраженную способность к накоплению токсичных элементов. Даже после тщательного мытья уровни металлов остаются высокими, что указывает на эндогенную природу загрязнения, а не только на поверхностную контаминацию [9-12]. Особое внимание следует обратить на кадмий, поскольку его содержание во многих пробах стабильно превышает нормативы, что соответствует данным других авторов о высокой токсичности и биодоступности [1-3, 15]. Ртуть также вызывает обеспокоенность, так как в моркови ее уровень выше ПДК в 2,5 раза. Для сурьмы предельно допустимые концентрации в овощах еще не установлены, но она относится к элементам, которые активно накапливаются в растениях и

могут негативно влиять на здоровье. Свинец отличается высокой изменчивостью и в отдельных образцах может достигать опасных концентраций. Даже в контрольной зоне кожура содержит больше металлов, чем мякоть, что соответствует общему пониманию физиологии корнеплодов, что кожура является барьером и местом первичного накопления. Отдельно стоит отметить повышенные уровни селена в баткенских образцах. Повышенные концентрации селена могут отражать адаптационные механизмы растений к загрязненной среде, что ранее также отмечалось в научных публикациях [16, 17].

Заключение

Проведенный анализ моркови и картофеля, выращенных в условиях техногенного воздействия Баткенской области, показал, что в этих образцах концентрации токсичных металлов (As, Cd, Sb, Hg, Pb) существенно выше, чем в контрольной зоне (Талаская область). Наиболее выраженные превышения отмечены по кадмию и ртути в образцах с кожурой, что указывает на повышенный риск для здоровья населения при их регулярном потреблении. Кожура корнеплодов выступает главным аккумулятором токсичных элементов, даже после тщательного мытья сохраняются высокие уровни металлов, что подтверждает системное накопление загрязняющих веществ растениями из почвы.

Особое значение результаты приобретают с учетом бытовых и кулинарных традиций населения Кыргызстана, где морковь часто употребляется свежей, без тщательного очищения, а молодой картофель нередко используется в пищу с кожурой (запекание, жарка, приготовление во фритюре). Эти практики увеличивают фактическое поступление тяжелых металлов в организм, особенно среди детей и подростков, которые потребляют корнеплоды чаще и в больших количествах. Несмотря на значимость выявленных превышений, выборка исследованных образцов была ограничена (морковь — 7 и 8 проб; картофель — 16 и 19 проб), что не позволяет интерпретировать результаты корректно без дополнительного исследования (увеличить количество проб, учесть сезонные изменения, дополнительно анализировать почвенные характеристики и включить другие типы сельхозпродукции). Тем не менее уже полученные данные свидетельствуют о влиянии техногенного загрязнения на химический состав овощей и подчеркивают необходимость регулярного мониторинга качества продовольственной продукции, санитарно-просветительской работы среди населения, а также более детального рассмотрения загрязненных территорий для аграрного пользования.

Рекомендации

- 1) Для органов здравоохранения и санитарного надзора: усилить мониторинг содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции, особенно в регионах с техногенной нагрузкой (Баткенская область); проводить регулярные исследования почвы, воды и овощей по расширенному перечню токсикантов (As, Cd, Pb, Sb, Hg, Se); создать региональные карты риска загрязнения и обновлять их не реже одного раза в 2–3 года; разработать санитарно-просветительские материалы для населения о рисках употребления овощей с кожурой из загрязненных зон.
- 2) Для сельхозпроизводителей: проводить агрохимический анализ почвы перед посадкой с учетом миграционной способности тяжелых металлов; внедрять фитосанитарные практики снижения биоусвоения металлов (высевание сорбционных культур, внесение органики, применение мелиорантов); при выявлении превышения металлов в продукции рассматривать переход на выращивание культур с низкой способностью к аккумуляции токсичных элементов.
- 3) Для потребителей: избегать регулярного употребления картофеля и моркови с кожурой, особенно из регионов потенциального техногенного загрязнения; для снижения риска дополнительно очищать овощи от кожуры — это снижает содержание токсичных элементов в 1,5–4 раза в зависимости от металла; не допускать частого употребления молодого картофеля с кожурой детьми и беременными женщинами; при возможности приобретать продукцию с документами о безопасности, особенно в сезон массовой продажи домашней продукции.
- 4) Для исследователей: увеличить объем выборки проб и включить сезонную динамику накопления элементов; провести комплексный анализ: почва — вода — растение — готовое блюдо; исследовать влияние методов приготовления пищи (варка, жарка, запекание) на концентрации токсичных элементов; оценить фактические поступления тяжелых металлов в различные возрастные группы населения (дети, взрослые, пожилые) на основе пищевого поведения.

Благодарности

Выражаем признательность Институту Йозефа Стефана (Словения) за техническую поддержку и проведение лабораторных исследований в рамках программы STEP Международного центра теоретической физики (ICTP) / Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Особая благодарность — сотрудникам аккредитованной санитарно-гигиенической лаборатории Межрайонного Кадамжайского центра профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора за содействие в организации и проведении полевых работ в Баткенской области. Также благода-

рим Султаналиева С. А., представителя ОО «Жай-ыт комитети», за помощь в полевых исследованиях на территории Таласской области.

Жазуучулар ар кандай кызыкчылыктардын чыр жоктугун жарыялайт.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

Литература / References

1. ATSDR. Toxicological Profile for Arsenic, Cadmium, Lead, Mercury. U.S. Department of Health and Human Services; 2019–2022.
2. FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA). Evaluation of Certain Contaminants in Food. FAO/WHO; 2020.
3. WHO. Heavy metals in food and drinking water: health effects and regulatory approaches. World Health Organization; 2021.
4. Alloway B. J. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Springer; 2013.
5. Gupta N., Yadav K. K., Kumar V. A review on the accumulation of heavy metals in vegetables and health implications. *Environmental Chemistry Letters*. 2019;17:1803–1820.
6. Жумабаева М., и др. Содержание тяжёлых металлов в сельхозпродукции Кыргызстана. *Вестник КГМА*. 2020;2:45–52.
7. Шаназарова А. С., Ахматова А. Т. Содержание солей тяжёлых металлов в различных сортах риса, выращиваемого в Кыргызстане и ввозимого из зарубежья.
8. Тилекеева А., и др. Накопление кадмия и свинца в овощных культурах при техногенной нагрузке. *Известия КНАУ*. 2021; 3:78–86.
9. Nzediegwu, C.; Prasher, S.O.; Elsayed, E.M.; Dhiman, J. (2019). Effect of biochar on heavy metal accumulation in potatoes. *Journal of Environmental Management*, 232, 153–161.
10. Stasinou, S.; Zabetakis, I. (2014). The bioaccumulation and physiological effects of heavy metals in carrots, onions and potatoes. *Food and Chemical Toxicology*, 74, 201–210.
11. Sultana M.S., Rana S., Yamazaki S., Aono T., Yoshida S. Health risk assessment of heavy metals for population via consumption of vegetables grown in wastewater-irrigated areas. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017;189:337.
12. van Asselt, E.D.; Albers, E.J.; van der Fels-Klerx, H.J. (2025). Reuse of plant-based side streams in food production. *Food Research International*.
13. СанПиН 42-123-4089-86. Предельно допустимые концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах.
14. СанПиН. ПДК. Лаборатория физико-химических методов исследования МЗ КР. Департамент Госсанэпиднадзора. Аттестат аккредитации № KG 417/01.07.050 от 12.07.2000.
15. EFSA. Risk assessment of heavy metals in food. *EFSA Journal*. 2012–2023.
16. Gupta N., Yadav K. K., Kumar V. A review on the accumulation of heavy metals in vegetables and health implications. *Environmental Chemistry Letters*. 2019;17:1803–1820.
17. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. CRC Press; 2011.
18. U.S. Food and Drug Administration. Environmental contaminants in food. Доступно на: www.fda.gov/food/chemical-contaminants-pesticides/environmental-contaminants-food
19. PMC. Article available at: pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10528236
20. PMC. Article available at: pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12115360

Авторы:

Салымбекова Касиет Салымбековна, соискатель, научный сотрудник Национального института общественного здоровья МЗ, Бишкек, Кыргызская Республика
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7179-8056>

Шаршенова Айнаш Акыновна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры общественного здравоохранения, Международная высшая школа медицины; Главный научный сотрудник Национального института общественного здоровья при Министерстве здравоохранения, Бишкек, Кыргызская Республика
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4852-7437>

Исирайилов Махмуд Борубаевич, заведующий аккредитованной санитарно-гигиенической лабораторией Межрайонного Кадамжайского центра профилактики заболеваний и Госсанэпиднадзора, Кадамжайский район, Баткенская обл., Кыргызская Республика

Authors:

Salymbekova Kasiet Salymbekovna, applicant, research fellow, National Institute of Public Health, Ministry of Health, Bishkek, Kyrgyz Republic
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7179-8056>

Sharshenova Ainash Akynovna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Public Health, International Higher School of Medicine, International Higher School of Medicine, Chief Researcher, National Institute of Public Health under the Ministry of Health Bishkek, Kyrgyz Republic
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4852-7437>

Isirayilov Makhmud Borubaevich, head of the accredited sanitary and hygienic laboratory of the Interdistrict Kadamzhai Center for Disease Prevention and State Sanitary and Epidemiological Surveillance, Kadamzhai district, Batken region, Kyrgyz Republic

Поступила в редакцию 09.12.2025
Принята к печати 01.03.2026

Received 09.12.2025
Accepted 01.03.2026