

## ИЗУЧЕНИЕ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ОТ ПРИСУТСТВИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

*Мирза Агабабаевич Казимов\*, Нияяр Валерьевна Алиева*

*Азербайджанский медицинский университет, г. Баку*

### Реферат

**Цель.** Определение общей суточной поступившей в организм и поглощённой доз ряда тяжёлых металлов с последующей гигиенической оценкой риска для здоровья от их воздействия.

**Методы.** Для определения содержания тяжёлых металлов (свинца, кадмия, хрома, никеля, меди и цинка) в продуктах, входящих в повседневный рацион, было изучено состояние фактического питания у 57 человек анкетно-опросным методом, согласно существующим методическим рекомендациям. Химическому анализу подвергались пробы продуктов 18 наименований. У людей, отобранных по методу случайной выборки, анализировали биологические материалы (кровь и волосы) на предмет определения металлов. Содержание металлов в продуктах и биологических средах определено методом атомно-абсорбционной спектрометрии на аппарате «Shimadzu» (Япония). С использованием количественных данных о суточном рационе и содержании металлов в составе отдельных продуктов были рассчитаны фактические поступившие в организм и поглощённые суточные дозы металлов, согласно существующим методическим рекомендациям. На основе полученных результатов были рассчитаны величины риска для здоровья потребителей.

**Результаты.** Выявлены различные уровни содержания металлов в продуктах питания. Их ранговое расположение по содержанию в основных продуктах питания (хлебобулочных и мясных) следующее: Zn >Cr >Ni >Cu >Pb >Cd. Установлены высокие уровни (по сравнению с референтными) поступления металлов с суточным рационом. При этом большие поглощённые дозы металлов, в частности хрома и никеля, сопровождалась их повышенными концентрациями в крови и волосах. Величины дозового риска от воздействия хрома и никеля установлены соответственно на уровне 1,31 и 3,77 (у остальных металлов – 0,15–0,58).

**Вывод.** Поступившие в организм с суточным рационом и поглощённые дозы хрома и никеля среди изученных металлов представляют соответственно невысокий и повышенный риск для здоровья людей.

**Ключевые слова:** металлы, суточный рацион, поглощённые дозы, степень риска.

### EXAMINATION AND HYGIENIC ASSESSMENT OF HEALTH RISK DEPENDING ON HEAVY METALS CONTENT IN FOODS

*M.A. Kazimov, N.V. Alieva*

*Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan*

**Aim.** To determine total daily intake and absorbed doses of some heavy metals with subsequent hygienic assessment of health risks associated with exposure to them.

**Methods.** To determine the levels of heavy metals (lead, cadmium, chromium, nickel, copper and zinc) in food products included in the daily diet, actual nutritional status of 57 individuals was studied using questionnaire survey method in accordance with the existing guidelines. Samples of 18 food items were chemically analysed. Bio-materials (blood and hair) taken from randomly selected study subjects were analysed to determine the levels of heavy metals. The heavy metal levels in food products and biological media were determined by atomic absorption spectrometer («Shimadzu», Japan). Actual intake and absorbed daily doses of heavy metals were calculated using the quantitative data on the daily diet and metal levels in individual products according to the existing guidelines. Health risk values were estimated based on the gained results.

**Results.** Various levels of heavy metals in food products were revealed. Their ranking order by levels present in basic food products (in bakery and meat products) is as follows: Zn >Cr >Ni >Cu >Pb >Cd. High levels of heavy metals intake with daily diet (compared with the reference values) were revealed. Furthermore, high absorbed doses of heavy metals, particularly chromium and nickel, were accompanied by increased concentrations in blood and hair. The dose risk ratios for chromium and nickel were assessed as 1.31 and 3.77 respectively (for other metals – 0.15–0.58).

**Conclusion.** The daily dietary intake and absorbed doses of chromium and nickel represent respectively low and increased risk to human health among the studied heavy metals.

**Keywords:** metals, daily diet, absorbed doses, risk level.

Постоянно развивающиеся техника и технология в различных областях антропогенной деятельности сопровождаются увеличением количества источников загрязнения окружающей среды, включая применение различных химических соединений в сельском хозяйстве. Среди многочисленных ксенобиотиков тяжёлые металлы становятся самой вредной для здоровья группой химических веществ. Поступая в организм преимущественно с продуктами питания, тяжёлые металлы приводят к дезорганизации обменных процессов, нарушению функционирования иммунной и других систем [3, 6, 8]. Существует

потребность в научном обосновании мероприятий по безопасному и сбалансированному питанию и профилактике алиментарно-зависимых заболеваний среди населения г. Баку.

Целью настоящего исследования было определение общей суточной поступившей в организм и поглощённой доз ряда тяжёлых металлов с последующей гигиенической оценкой риска для здоровья от их воздействия.

Объектами исследования стали отобранные пробы пищевых продуктов 18 наименований [хлеб и хлебобулочные изделия (хлеб пшеничный, булочки из муки высшего сорта), крупы, мясо (говядина, баранина, курятина), рыба, яйца куриные, масло (сливочное, подсолнеч-

Адрес для переписки: kazimovmirza@rambler.ru

**Степень превышения предельно допустимой концентрации (коэффициент опасности) содержания металлов в продуктах питания**

Продукты	Металлы и величины коэффициента опасности					
	свинец	кадмий	хром	никель	медь	цинк
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,9	0,5	8,4	1,4	0,06	0,37
Крупы разные	0,16	0,4	16,8	5,6	1,64	0,86
Мясо (говядина)	0,26	0,78	42,12	5,9	0,75	0,85
Мясо (баранина)	0,62	0,4	35,6	7,3	0,86	0,51
Мясо (курица)	0,42	0,72	31,8	5,5	0,7	0,63
Рыба	0,98	0,92	0,96	0,98	0,37	0,95
Яйца	0,5	0,75	11,8	не об.	1,97	0,14
Сливочное масло	1,4	1,5	14,4	19	0,9	0,64
Подсолнечное масло	0,8	0,8	6,8	11,43	1,2	0,86
Молоко и молочные продукты (сметана, кефир и др.)	0,4	0,5	5,8	5,5	1,7	0,83
Сыр брынза	1,4	1	4,8	6	0,8	0,36
Сыр голландский	1,4	1	4,8	6	0,8	0,36
Картофель	0,07	0,5	15	6,2	0,22	0,58
Морковь	0,12	1	23,2	3,4	0,34	0,89
Зелень (различная)	1,24	1	7,6	7,2	0,12	0,46

ное), молоко, сметана, кефир, сыр (брынза, голландский), овощи (картофель, морковь), зелень], входящих в повседневный рацион населения города. Данные о среднесуточном рационе людей получены анкетно-опросным методом изучения состояния фактического питания людей, привлечённых к исследованию.

В перечень контролируемых показателей были включены тяжёлые металлы – свинец, кадмий, хром, никель, медь и цинк. Их содержание анализировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии на аппарате XRF-18000 компании «Shimadzu» (Япония) в геохимической лаборатории Института геологии Национальной академии наук.

На основе полученных исходных данных были определены общие суточные и поглощённые организмом дозы металлов. При этом руководствовались утверждёнными методическими документами [2].

Были проведены также химические анализы биологических материалов (кровь, волосы) у 17 человек из числа привлечённых к исследованию – на предмет выявления содержания металлов.

Всего в исследовании приняли участие 57 человек (28 мужчин и 29 женщин в возрасте 19–49 лет), выборка была случайной.

Статистический анализ материалов исследования выполняли с помощью программы Microsoft Excel. Статистическую значимость полученных результатов оценивали с использованием t-критерия Стьюдента.

Наибольший вклад в общее содержание металлов в рационе питания вносили цинк, хром, никель и медь, концентрации которых в мясных продуктах (например, в баранине) определялись

на уровне 3,65–35,35 мг/кг. Значительное количество этих металлов содержалось также в хлебе и других зерновых продуктах (2,80–36,92 мг/кг). Максимальное количество свинца и кадмия определено в рыбных продуктах (0,18–0,98 мг/кг).

Ранговое расположение элементов по минимальному и максимальному содержанию в образцах продуктов следующее: Zn (1,80–59,95 мг/кг) > Cr (0,48–10,53 мг/кг) > Ni (0,49–3,65 мг/кг) > Cu (0,30–8,20 мг/кг) > Pb (0,04–0,98 мг/кг) > Cd (0,01–0,18 мг/кг).

Сопоставление установленных величин концентраций металлов в продуктах с их допустимыми уровнями [1] позволило установить коэффициенты опасности продуктов питания. Как видно из табл. 1, содержание свинца и кадмия, как наиболее токсичных элементов в исследуемой группе металлов, находилось в целом на допустимом уровне, а в ряде продуктов – меньше предложенного норматива. Только в подсолнечном масле их концентрации составили 1,4–1,5 предельно допустимой концентрации (ПДК).

Содержание хрома и никеля значительно превышало допустимые величины практически во всех продуктах питания. Степень превышения ПДК концентрации хрома составила от 4,8 до 42,12 раза, а никеля – 1,4–11,43 раза. Со стороны меди и цинка превышение ПДК их содержания в анализируемых образцах не установлено.

Приведённые данные дают основание предполагать возможное избыточное поступление хрома и никеля в организм жителей города с продуктами питания.

На основе исходных данных было рассчитано фактическое суточное поступление в организм исследуемых металлов с отдельными продуктами с учётом их количества в рационе.

**Величины среднесуточного поступления тяжёлых металлов в организм в составе суточного рациона**

Величины поступления	Тяжёлые металлы в продуктах, мг						Всего
	Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	Zn	
Общее фактическое поступление, мг/сут	0,13±0,008	0,05±0,007	3,17±0,29	1,82±0,22	1,84±0,19	16,0±2,08	23,01±1,87
Допустимое поступление, мг/сут [4]	3	0,07	0,25	0,26	2,25	13,5	19,33
Общая фактическая поглощённая доза, мкг/кг в сутки	0,93	0,28	29,9	13	6,57	114,28	164,96
Допустимая поглощённая доза, мкг/кг в сутки	2,26	0,2	2,58	3,45	18,65	196,96	244,27

Таблица 3

**Величины показателей дозового риска от воздействия исследуемых тяжёлых металлов для организма при поступлении в составе суточного рациона**

Металлы	Величины дозового риска	Характеристика риска [5]
Свинец	0,41	Отсутствие риска
Кадмий	0,15	Отсутствие риска
Хром	1,31	Невысокий риск
Никель	3,77	Повышенный риск
Медь	0,35	Отсутствие риска
Цинк	0,58	Отсутствие риска

Полученные данные сопоставлены с допустимыми количествами их суточного поступления в организм (табл. 2). Установлено, что суммарное содержание металлов в составе суточного рациона составляет 23,01±1,87 мг, что в некоторой степени превышает соответствующие нормативные величины и даёт основание предполагать риск для здоровья.

Для выяснения возможного риска для здоровья от избыточного (по сравнению с допустимым) поступления токсических элементов в составе продуктов питания была рассчитана фактическая суточная поглощённая доза каждого металла на 1 кг массы тела (мкг/кг в сутки). При этом использовали коэффициенты поглощения металлов организмом, составляющие для свинца 0,50, кадмия – 0,40, хрома – 0,66,

никеля – 0,50, меди – 0,25, цинка – 0,050. Формулы расчёта и коэффициенты поглощения приведены в методических рекомендациях [2].

Полученные данные были сопоставлены с рассчитанной суточной допустимой поглощённой дозой металлов. Результаты расчётов показали (см. табл. 2), что на фоне значительного отставания суммарной фактической суточной поглощённой дозы всех металлов от допустимой поглощённой дозы сохранялись статистически значимо высокие фактические поглощённые дозы хрома и никеля. О возможном неблагоприятном воздействии металлов-загрязнителей, содержащихся в пищевых продуктах, на организм свидетельствуют данные о дозовом риске исследуемых тяжёлых металлов для организма [5], представляющем собой отношение величин фактических поглощённых доз к нормативным при поступлении металлов в составе суточного рациона (табл. 3).

Как и следовало ожидать, со стороны свинца, кадмия, меди и цинка отсутствует риск для здоровья, а показатели хрома и никеля указывают соответственно на невысокий и повышенный риск для организма.

Сравнительный анализ содержания исследуемых тяжёлых металлов в биологических средах с их референтными концентрациями показало (табл. 4), что только содержание хрома, никеля и цинка в крови людей превышало физиологическую норму. Со стороны других металлов превышение нормы не зарегистрировано. Что касается

Таблица 4

**Содержание металлов в биологических средах людей, проживающих в наблюдаемых районах исследуемого города**

Показатели	Концентрации металлов			
	в крови, мкг/л		в волосах, мкг/г	
	фактические	допустимые [4]	фактические	допустимые [7]
Свинец	0,20±0,011	0,25	0,48±0,025	0,1-5,0
Кадмий	0,0033±0	0,007	0,19±0,044	0,05-0,25
Хром	0,42±0,05	0,1-0,5	0,31±0,024	0,1-2,0
Никель	0,28±0,017	0,1-1,0	0,27±0,012	0,1-2,0
Медь	0,67±0,054 (мг/л)	0,75-1,30	14,20±0,93	7,5-20,0
Цинк	0,98±0,028 (мг/л)	0,7-1,10	122,27±4,87	100-250

содержания металлов в волосах, то концентрации всех металлов существенно (в 2–5 раз) превышали референтные значения.

Наиболее высокие уровни в продуктах хрома, никеля, меди и цинка коррелировали с их повышенным поступлением в организм (коэффициенты корреляции находятся в пределах 0,93–0,97), что также отразилось на концентрации в крови и волосах.

## ВЫВОДЫ

1. Поступившие в организм с суточным рационом и поглощённые дозы хрома и никеля среди изученных металлов представляют соответственно невысокий и повышенный риск для здоровья людей.

2. Установленные взаимосвязи между содержанием тяжёлых металлов в пищевых продуктах и уровнем в биологических материалах могут быть полезными при разработке практических мероприятий для предупреждения токсических эффектов, преодоления дефицита или избытка биоэлементов в организме, а также для оценки и прогнозирования степени риска от воздействия тяжёлых металлов, содержащихся в продуктах питания.

3. Этапы проведённых исследований, начиная от определения содержания металлов в пищевых продуктах и до оценки риска для здоровья, включая определение микроэлементов в биологических субстратах, можно применять при эколого-гигиенической оценке вредности тяжёлых металлов в объектах окружающей среды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы 2.3.2.1078-01. – М.: ИнтерСЭН, 2002. – 168 с. [Hygienic requirements for safety and nutrition values of food products. Sanitary rules and norms 2.3.2.1078-01. Moscow: InterSEN. 2002: 168. (In Russ.)]

2. Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения. Методические рекомендации. Утв. Госкомсанэпиднадзором РФ 26.02.1996. №01-19/17-17. – М., 2008. – 25 с. [Complex

examination of human-induced and technologic burden on waters, soil, atmosphere in areas intended for buildings. Methodic guidelines. Approved by State Committee on Sanitary and Epidemiology Surveillance of Russian Federation at 26.02.1996. №01-19/17-17. Moscow. 2008: 25. (In Russ.)]

3. Косарев В.В., Бабанов С.А. Экологически зависимая патология, связанная с антропогенным загрязнением территорий // Новости мед. и фармации. – 2011. – №6. – С. 12–13. [Kosarev V.V., Babanov S.A. Environmental diseases associated with human-induced pollution. *Novosti meditsiny i farmatsii*. 2011; 6: 12–13. (In Russ.)]

4. Мартинчик А.Н., Шеповальников В.Н., Пескова Е.В. и др. Содержание тяжёлых металлов в продуктах питания и плазме крови населения Приуральского района // Пробл. Арктики и Антарктики. – 2009. – №1 (81). – С. 146–152. [Martinchik A.N., Shepov'nikov V.N., Peskova E.V. et al. Heavy metals concentrations in food products and blood serum of Cisurals inhabitants. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2009; 1 (81): 146–152. (In Russ.)]

5. Оценка дозовых рисков и допустимых лимитирующих концентраций ксенобиотиков в окружающей среде. Методические рекомендации. – М.: ГКСЭН РФ, 1995. – 28 с. [Assessment of dose-related risks and allowed limiting concentrations of xenobiotics in the environment. Methodic guidelines. Moscow: GKSEN RF. 2008: 28. (In Russ.)]

6. Попова Е.В., Эдокова Г.И. Химические элементы в окружающей среде. Биоразнообразие и проблемы экологии Горного Алтая: настоящее, прошлое, будущее. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2005. – С. 164–167. [Popova E.V., Edokova G.I. Chemical elements in the environment. Biologic diversity and ecological problems of Altai Mountains: modern times, past, future. *Gorno-Altaysk: RIO GAGU*. 2005: 164–167. (In Russ.)]

7. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины) // Микроэлементы в мед. – 2003. – Т. 4, №1. – С. 55–56. [Skal'nyy A.V. Reference values for concentrations of chemical elements in hair, gained by ICP-OES method (ANO Centre of biotic medicine). *Mikroelementy v meditsine*. 2003; 4 (1): 55–56. (In Russ.)]

8. Хаитбаев А.Х., Ласкин П.В., Жиров В.К. Баланс элементов минерального питания растений в системе мониторинга агроэкосистем Мурманской области // Вестн. МГТУ. – 2006. – Т. 9, №5. – С. 735–739. [Khaitbaev A.Kh., Laskin P.V., Zhirov V.K. Balance of mineral nutrients for plants in the system of Murmansk region agroecosystem monitoring. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2006; 9 (5): 735–739. (In Russ.)]