

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПИТАНИИ ЖИТЕЛЕЙ МОСКВЫ

## MACRO- AND TRACE ELEMENTS IN NUTRITION OF MUSCOVITES

*М.Г. Скальная \**

*M.G. Skalnaya \**

<sup>1</sup> АНО «Центр биотической медицины», Москва

<sup>1</sup> ANO «Centre for Biotic Medicine», Moscow, Russia

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** макроэлементы, микроэлементы, рацион питания, пищевые продукты, питьевая вода.

**KEYWORDS:** macroelements, trace elements, diet, food stuffs, drinking water.

**РЕЗЮМЕ.** Проведено исследование образцов питьевой воды (n = 156) и пищевых продуктов (n = 683) на содержание 12 основных химических элементов (As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se и Zn). Данные были сопоставлены с допустимыми уровнями поступления и с фактическими рационами жителей Москвы.

**ABSTRACT.** Foodstuffs (n = 683) and drinking water (n = 156) content of 12 chemical elements namely As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se and Zn was investigated. Data was compared with permissible level of nutrition and actual food allowances of Moscow residents.

### ВВЕДЕНИЕ

Многими эпидемиологическими исследованиями показана связь между содержанием ряда химических элементов в пищевых продуктах и питьевой воде с развитием заболеваний (Kobayashi, 1971; Cowlshaw, et al., 1979; Крятов, Можжев, 1993; EPA, 1996; Kurttio, et al., 1998; Tanner, 1998; Anke, et al., 2004). Так, дефицит ряда микроэлементов (селена, цинка, железа, йода, марганца) и нагрузка поллютантами (ртуть, свинец, мышьяк, никель) способствуют росту частоты злокачественных новообразований кожи, мозга, желудочно-кишечного тракта, лимфопролиферативных заболеваний, инфекционных патологий, аутоиммунных заболеваний, дегенеративных заболеваний (атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, бо-

лезнь Альцгеймера) (Авцын и др., 1991; Sandstead, 1991; Prasad, 1995; Chappuis et al., 1998; Negretti de Braetter, 1999; Панченко и др., 2004).

Нами были проведены комплексные исследования по изучению содержания химических элементов в различных пищевых продуктах в суточном рационе у жителей Москвы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью методов атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной аргонной плазмой были исследованы образцы питьевой воды (n = 156) и пищевых продуктов (n = 683). Пробоподготовка проводилась согласно требованиям Методических указаний 4.1.1482-03 и 4.1.1483-03 (Иванов и др., 2003).

Анализ исследуемых образцов осуществлялся в лаборатории АНО «Центр биотической медицины», Москва (аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, регистрационный номер в Государственном реестре РОСС RU.0001.513118 от 29 мая 2003 г.). Для определения содержания химических элементов использовались приборы атомно-эмиссионного (Optima 2000DV, «Perkin Elmer Corp.») и масс-спектрального (ELAN 9000, «PerkinElmer Corp.») анализов с индуктивно связанной плазмой, а также система пробоподготовки с использованием микроволнового разложения (Multiwave 3000, A. Paar).

\* Адрес для переписки:

Скальная Маргарита Геннадиевна, д.м.н.

E-mail: skalnaya@yandex.ru

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание химических элементов в изученных пищевых продуктах представлено в табл. 1.

Полученные значения содержания химических элементов в пищевых продуктах сравнивались с ПДК для каждой категории, согласно СанПиН 2.3.2.1078-01. Было выяснено, что содержание свинца выше регламентированных значений (ПДК) встречалось лишь в категории мясопродукты (один образец вареной колбасы), что составило всего 2% от общего числа пищевых продуктов этой категории.

Превышение ПДК кадмия выявлено в следующих категориях: картофель (19%), овощи и бахчевые (10%), прочие продукты (1%), хлебные продукты (2%) и яйца (7%).

Из 83 образцов продуктов категории «молоко и молокопродукты» превышение ПДК мышьяка наблюдалось только в твердых сырах (два вида), что соответствует 2% от общего количества пищевых продуктов этой категории. Частота превышения ПДК мышьяка в категории мясных продуктов составляла 12%. Основными пищевыми продуктами, в которых отмечалось превышение мышьяка, были колбасы и птица. В рыбных продуктах содержание мышьяка традиционно выше, чем в других категориях пищевых продуктов. В данном исследовании превышение значений ПДК мышьяка наблюдалось в трех образцах морской рыбы и в одном – речной. Распространенность превышения ПДК соответствовала 9% для категории рыбных продуктов. Превышение содержания никеля выше ПДК выявлено в маргарине, который относится к категории «масло растительное и другие жиры», а распространенность превышения ПДК составила 18%.

К приоритетным «загрязнителям» пищевых продуктов можно отнести кадмий и мышьяк. Категории продуктов, нуждающихся в мониторинге содержания кадмия и мышьяка, следующие: для кадмия – овощи и бахчевые, а для мышьяка – мясо- и рыбопродукты.

Таким образом, алиментарный путь поступления таких химических элементов, как кадмий и мышьяк, в организм жителей Москвы может играть определенную роль в избыточном их поступлении в организм.

## СУТОЧНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С ФАКТИЧЕСКИМИ РАЦИОНАМИ ПИТАНИЯ

Полученные данные по содержанию химических элементов в пищевых продуктах использовались для расчета рационов питания. Для этой

цели вначале устанавливались объемы потребления пищевых продуктов в целом и по отдельным категориям.

Как следует из табл. 2, суточное потребление кальция у женщин как в рационах потребительской корзины, так и в фактических рационах находилось ниже адекватных уровней потребления (1250 мг/сут). Уровень потребления кальция составлял 79% от адекватного уровня потребления в потребительской корзине, тогда как в фактических рационах женщин он составлял 55% и 52% соответственно.

Обеспеченность другими химическими элементами рационов питания соответствовала рекомендуемым величинам. Следует отметить, что поступление цинка и магния с фактическими рационами у женщин находилось на нижней границе величины адекватного уровня потребления (12 и 400 мг/сут соответственно).

Средние величины суточного поступления химических элементов не всегда полностью отражают реальные величины потребления. Исходя из этого, нами была определена частота дефицита (ниже величин адекватных уровней потребления) или избытка химических элементов в фактическом рационе женщин (табл. 3). Избыток суточного поступления свинца, кадмия, мышьяка и никеля рассчитывался от величин среднесуточного потребления, характерной для развитых стран (Anke, 2004).

Из представленных в табл. 3 данных следует, что частота избытка поступления свинца с фактическими рационами у женщин составила 2%, тогда как частота повышенного поступления никеля с фактическими рационами питания – 18% от всех обследованных.

Дефицит кальция в фактических рационах у женщин отмечался в 91% случаев, что полностью согласовывалось с направленностью средних значений суточного поступления кальция. Дефицит магния, железа и цинка в фактических рационах женщин был умеренным и составил 35, 34 и 25% соответственно. За исключением железа, направленность абсолютных и относительных величин суточного потребления магния и цинка у женщин совпадали. Дефициты меди, марганца, селена и хрома в фактических рационах не были выявлены, что указывало на адекватные уровни их потребления с пищей. Суточное потребление свинца, кадмия и мышьяка в рационах жителей Москвы по сравнению с допустимыми уровнями поступления представлено в табл. 4.

Как мы видим из табл. 4, суточное потребление с водно-пищевым рационом As практически совпадает с допустимым уровнем поступления, однако, как известно, мышьяк в составе пищевых продуктов в основном представлен в форме арсенобетаина и других органических форм, обладающих меньшей токсичностью по сравнению с неорганическими формами мышьяка.

Таблица 1. Химический состав (мг/кг) отдельных видов пищевых продуктов

Категория	n	Pb*	Cd*	As*	Ni	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	Se*	Cr
Мясо (свинина, говядина, баранина)	27	37,1±11,4	5,7±1,5	48,0±8,1	0,15±0,04	203,8±46,7	247,04±15,58	21,09±3,16	38,23±5,19	1,01±0,12	0,19±0,05	179,7±18,5	0,49±0,09
Колбасные изделия	14	84,3±41,2	1,7±0,7	74,8±13,5	0,05±0,011	470,0±67,6	185,74±10,27	17,51±1,41	22,12±2,58	0,7±0,05	0,72±0,22	126,4±17,4	0,87±0,09
Птица	7	9,0±2,9	0,9±0,3	84,2±20,0	0,13±0,06	136,7±25,8	276,61±23,51	7,43±0,67	13,46±2,34	0,55±0,06	0,14±0,01	278,0±19,9	0,53±0,18
Рыба морская	19	24,5±5,9	3,7±1,0	3200±728,8	0,11±0,03	255,9±66,8	255,65±16,23	3,99±0,80	5,42±0,53	0,47±0,06	0,13±0,04	425,2±40,7	0,42±0,09
Рыба речная	6	20,3±8,5	2,0±1,2	531,2±46,6	0,15±0,07	518,4±204,3	305,57±39,04	6,94±1,22	9,86±2,98	0,52±0,08	0,53±0,28	284,5±47,0	0,12±0,03
Молоко цельное	20	3,8±1,4	0,6±0,4	7,3±1,2	0,07±0,01	1194,3±112,4	131,41±9,18	0,92±0,15	4,21±0,26	0,05±0,01	0,04±0,005	95,5±26,6	0,04±0,01
Кисломолочные продукты	22	2,8±1,2	0,2±0,0	14,4±2,2	0,05±0,004	1144,2±86,6	117,11±3,61	0,98±0,14	3,93±0,16	0,05±0,01	0,06±0,02	69,9±9,0	0,09±0,01
Сыры твердые	7	12,4±1,5	1,1±0,1	186,3±60,8	0,41±0,07	5907,43±720,41	311,76±29,57	4,29±0,68	43,46±3,41	0,34±0,03	0,21±0,01	150,2±26,5	0,48±0,08
Хлеб пшеничный	9	8,9±4,1	7,9±0,8	38,5±11,9	0,11±0,02	265,2±34,8	249,1±40,26	10,3±0,93	6,51±0,92	1,09±0,15	3,79±0,35	163,3±17,1	0,28±0,06
Хлеб ржаной	4	25,7±8,1	5,6±0,8	42,7±13,3	0,2±0,04	371,2±95,6	532,75±51,90	25,52±4,15	13,31±1,47	1,84±0,11	13,39±1,1	156,7±47,3	0,59±0,31
Овощи	49	7,9±1,3	13,7±1,9	8,8±2,1	0,09±0,01	180,8±22,5	179,20±11,65	4,77±0,40	2,2±0,19	0,55±0,06	1,75±0,32	35,7±5,5	0,09±0,02
Фрукты свежие	26	8,5±2,7	0,8±0,2	4,0±0,9	0,05±0,008	193,6±42,2	145,64±21,28	1,95±0,23	0,95±0,14	0,41±0,05	0,8±0,21	20,6±4,8	0,04±0,01
Животные жиры	9	3,5±0,6	0,8±0,3	15,5±3,1	0,04±0,01	139,5±34,2	18,89±3,38	1,34±0,27	0,71±0,08	0,13±0,02	0,03±0,004	42,5±17,5	0,13±0,05
Масло растительное	4	9,4±4,0	0,1±0,0	15,3±4,7	0,02±0,006	3,8±2,4	0,99±0,45	0,63±0,19	0,13±0,04	0,04±0,01	0,02±0,005	32,6±24,0	0,03±0,03
Яйца	27	14,0±9,4	4,7±3,0	24,1±3,2	0,04±0,006	524,2±102,9	130,06±4,29	25,12±5,97	16,88±3,8	0,65±0,11	0,33±0,08	546,1±111,8	0,22±0,02
Сахар	6	8,0±4,2	1,6±1,3	17,7±4,6	0,04±0,01	138,1±70,1	22,57±19,51	3,25±1,48	1,10±0,76	0,24±0,16	0,32±0,29	163,7±77,2	0,26±0,1

П р и м е ч а н и е : \* – содержание химического элемента в мг/кг.

*Таблица 2. Суточное поступление химических элементов ( $M \pm m$ , мг/кг) с рационами минимальной потребительской корзины и фактическими рационами у женщин Москвы*

Элемент	Минимальная потребительская корзина	Фактические рационы	
		НИИ Питания ( $n = 100$ )	АНО «ЦБМ» ( $n = 96$ )
Pb*	$22,7 \pm 6,0$	$24,5 \pm 6,6$	$25,8 \pm 6,7$
Cd*	$16,3 \pm 3,6$	$12,9 \pm 3,1$	$11,7 \pm 2,8$
As	$0,125 \pm 0,025$	$0,100 \pm 0,020$	$0,136 \pm 0,0275$
Ni	$0,600 \pm 0,085$	$0,471 \pm 0,070$	$0,457 \pm 0,069$
Ca	$982,9 \pm 110,2$	$687,7 \pm 83,3$	$654,4 \pm 80,0$
Mg	$541,5 \pm 41,9$	$428,7 \pm 34,1$	$410,8 \pm 32,1$
Fe	$17,7 \pm 2,1$	$15,6 \pm 2,0$	$15,4 \pm 2,0$
Zn	$13,8 \pm 1,3$	$12,7 \pm 1,3$	$12,3 \pm 1,2$
Cu	$2,0 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,4$
Mn	$6,5 \pm 1,0$	$6,0 \pm 1,1$	$4,5 \pm 0,6$
Se	$0,205 \pm 0,045$	$0,175 \pm 0,040$	$0,165 \pm 0,028$
Cr	$0,258 \pm 0,043$	$0,257 \pm 0,042$	$0,252 \pm 0,039$

Примечание: \* – содержание в мкг/кг.

*Таблица 3. Частота (%) недостаточного поступления Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Cr (А), а также избыточного поступления Pb, Cd, As, и Ni (В) с суточным фактическим рационом у женщин Москвы ( $n = 96$ )*

Группа	Элемент	Распространенность, %
В	Pb	2
	Cd	0
	As	–
	Ni	18
А	Ca	91
	Mg	35
	Fe	34
	Zn	25
	Cu	4
	Mn	1
	Se	1
Cr	0	

*Таблица 4. Суточное потребление свинца, кадмия и мышьяка с рационами жителей Москвы по сравнению с допустимыми уровнями поступления*

Элемент	Pb	Cd	As
Допустимый уровень поступления из всех источников (FAO/WHO, 1992)	25 мкг/кг/неделя (250 мкг/сут для веса человека 70 кг)	7 мкг/кг/неделя (70 мкг/сут для веса человека 70 кг)	15 мкг/кг/неделя (150 мкг/сут для веса человека 70 кг)
Суточное потребление с водно-пищевым рационом (мкг)	26,6	12	136
% от допустимого уровня поступления из всех источников	10,6	17,1	90,7

Таблица 5. Средние концентрации ( $M \pm m$ , мг/л) химических элементов в воде централизованных систем питьевого водоснабжения в различных административных округах Москвы

Элемент	ЦАО (n = 17)	САО (n = 33)	СВАО (n = 21)	БАО (n = 15)	ЮВАО (n = 9)	ЮАО (n = 15)	ЮЗАО (n = 16)	ЗАО (n = 21)	СЗАО (n = 10)	ЦДК <sup>а</sup>
Pb*	0,2±0,1	0,5±0,2	0,4±0,1	0,4±0,1	0,7±0,3	0,5±0,2	0,5±0,2	0,3±0,1	0,3±0,1	30
Cd**	10,0±1,0	10,0±1,0	20,0±15,0	70,0±44,0	20,0±9,0	20,0±7,0	30,0±18,0	30,0±15,0	40,0±34,0	1000
As*	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	<0,14	50
Ni*	3,0±0,4	2,0±0,2	3,0±0,6	2,0±0,3	3,0±0,3	3,0±0,4	3,0±0,3	3,0±0,2	2,0±0,4	100
Ca	36,0±3,6	35,0±2,1	32,0±2,1	33,0±3,4	40,0±5,2	48,0±2,7	41,0±3,6	46,0±1,6	41,0±6,8	70
Mg	9,0±1,0	9,0±0,5	8,0±0,5	8,0±1,0	10,0±1,2	12,0±1,2	11,0±1,4	11,0±1,0	11,0±2,2	42
Fe	0,07±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01	0,07±0,01	0,09±0,02	0,18±0,11	0,3
Zn	0,1±0,02	0,1±0,04	0,2±0,07	0,1±0,04	0,4±0,24	0,2±0,07	0,2±0,06	0,1±0,04	0,1±0,03	5,0
Cu*	11,0±5,4	2,0±0,3	7,0±2,6	3,0±1,4	6,0±1,9	4,0±0,9	7,0±3,5	3,0±1,0	2,0±0,4	1000
Mn*	20,0±3,0	10,0±1,0	10,0±3,0	10,0±2,0	10,0±2,0	10,0±2,0	10,0±2,0	20,0±3,0	30,0±6,0	100
Se*	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	10
Cr*	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,1	50

Примечание: \* – содержание в мкг/л; \*\* – содержание в мг/л; <sup>а</sup> – СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что концентрации токсичных химических элементов (свинца, кадмия, мышьяка и никеля) в образцах воды из централизованных источников водоснабжения Москвы были значительно ниже уровней ПДК (табл. 5).

Напротив, обнаруженные концентрации в питьевой воде эссенциальных элементов зависели от места водозабора. Минимальные концентрации кальция в питьевой воде обнаружены в САО и СВАО. Аналогичная картина наблюдалась в округах, на территории которых в воде централизованных систем питьевого водоснабжения выявлены относительно высокие показатели содержания кальция (ЮАО и ЗАО).

Средние концентрации магния, обнаруженные в питьевой воде, также зависели от места водозабора. Аналогично кальцию минимальное содержание магния в питьевой воде сочеталось с однонаправленными изменениями содержания этого элемента в волосах жителей СВАО и ВАО.

Средние концентрации железа, меди, цинка, марганца, селена и хрома в питьевой воде не превышали показателей ПДК и практически не изменились в зависимости от места забора проб.

Исходя из среднесуточного рекомендованного потребления питьевой воды (1,5 литра в день), было рассчитано потребление химических элементов с питьевой водой жителями Москвы. В табл. 6 представлено суточное поступление химических элементов с питьевой водой, а также рассчитан вклад питьевой воды (%) по сравнению с пищей.

Как следует из табл. 6, суточное поступление с водой токсичных химических элементов было незначительным. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что водный путь не может выступать в качестве существенного источника их поступления в Москве. Напротив, для кальция водный путь поступления является значительным (9%). Поступление других эссенциальных элементов (магний, железо, цинк, медь, марганец, селен и хром) с питьевой водой незначительно по сравнению с алиментарным поступлением.

Таблица 6. Расчетное суточное потребление (мг/сут) химических элементов с питьевой водой жителями Москвы в сравнении с суточным потреблением с пищей

Элемент	Pb*	Cd**	As*	Ni*	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu*	Mn*	Se*	Cr*
Суточное потребление с питьевой водой	0,6	42	<0,2	4	59	15	0,1	0,3	7,5	22	<0,5	1,5
Суточное потребление с пищей	26	11700	136	457	654	411	15	12	1800	4480	165	250
% поступления с питьевой водой по отношению к пище	2,3	0,4	<0,1	0,9	9,0	3,6	0,7	2,5	0,4	0,5	<0,3	0,6

Примечание: \* – содержание в мкг/сут; \*\* – содержание в нг/сут.

### ЛИТЕРАТУРА

Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.

Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутельян В.А., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: Федеральный Центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 56 с.

Крятов И.А., Можжаев Е.А. Канцерогенные и другие опасные вещества в воде // Гигиена и санитария. 1993. № 4. С. 20–22.

Панченко Л.Ф., Маев И.В., Гуревич К.Г. Клиническая биохимия микроэлементов. М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004. 368 с.

Anke M.K. Essential and toxic effects of macro, trace and ultratrace elements in the nutrition of man // Elements and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. 2<sup>nd</sup> ed. Eds.: Merian E., Anke M., Ihnat M., Stoeppler. Wiley-VCH Verlag GmbH. 2004. P. 343–367.

Chappuis P., Aral B., Ceballos-Picot I. Copper related diseases // Metal Ions in Biology and Medicine / Eds Ph. Collery, P.Braetter, V.Negretti de Braetter, L. Khassanova, J.C. Etienne. Paris: John Libbey Eurotext. 1998, 5:729–736.

Cowlshaw J.L. et al. Liver disease associated with chronic arsenic ingestion // Aust N Z J Med. 1979, 9:310–313.

*EPA.* Determination of reportable quantities for hazardous substances. U.S. Environmental Protection Agency. Code of Federal Regulation. 1996. 40CFR 117.

*FAO/WHO.* International Conference on Nutrition: major issue for nutrition strategies. Roma, 1992. 279 p.

*Kobayashi J.* Relation between the "itai-itai" disease and the pollution of river water by cadmium from a mine // Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Water Pollution Res Conf. 1971, 1:1-7.

*Kurtio P., Komulain H., Hakala E. et al.* Urinary excretion of arsenic species after exposure to arsenic

present in drinking water // Arch Environ Cont Toxicol. 1998, 34:297-305.

*Negretti de Braetter V.* Epidemiological occurrence of trace element deficiency in childhood and treatment concept // ТЕМА-10. Evian. 3-7 of May. 1999. Evian, 1999. 75 p.

*Prasad A.S.* Zinc an overview // Nutr. 1995, 11:93-99.

*Sandstead H.H.* Zinc deficiency. A public health problem? // Am J Dis Child. 1991, 145:853-859.

*Tanner M.S.* Role of copper in Indian childhood cirrhosis // Am J Nutr. 1998, 68 (suppl.):1074-1081.