

Д14-2004-89

А. В. Горбунов\*, С. М. Ляпунов\*, О. И. Окина\*,  
М. В. Фронтасьева, С. Ф. Гундорина

ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ  
В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА С ПРОДУКТАМИ  
ПИТАНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Направлено в журнал «Экологическая химия»

---

\*Геологический институт РАН, Москва

Горбунов А. В. и др.

Д14-2004-89

Оценка поступления микроэлементов  
в организм человека с продуктами питания  
в центральных регионах России

Изучен микроэлементный состав сырья и продуктов питания, характерных для потребительской корзины населения средней полосы России. Установлено превышение ПДК по отдельным микроэлементам, которое является следствием различных факторов, связанных с загрязнением окружающей среды, технологией производства и переработки сырья, биологическими особенностями сырья животного и растительного происхождения. Проведена оценка поступления микроэлементов в организм человека с продуктами питания двух разных рационов.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ и Геологическом институте РАН, Москва.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2004

Перевод авторов

Gorbunov A. V. et al.

D14-2004-89

Assessment of Human Trace Element Intake from Foodstuffs  
in Central Russia

The trace element content of raw materials and foodstuffs produced from them, typical for basket of goods of residents of Central Russia, was examined. An excess of permissible levels for some trace elements was observed. This phenomenon is explained in terms of different factors, such as pollution of the environment, industrial technologies, biological peculiarities of raw materials of animal and vegetable origin. An assessment of human trace element intake of different food allowances is given.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR, and the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2004

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что из 92 встречающихся в природе химических элементов 81 обнаружен в организме человека, 12 из них являются основными, или «структурными», и составляют 99 % от всех имеющихся в организме элементов. К ним относятся Н, О, N, P, S, Cl, Ca, K и др. На долю оставшихся элементов приходится 1 %, именно они получили название микроэлементы (МЭ). По жизненной необходимости для организма человека МЭ подразделяются [1–5, 7, 8] на эссенциальные (Fe, I, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn), условно-эссенциальные (Br, В, F, Li, Ni, V, Si), токсичные (Al, As, Cd, Pb, Sb, Hg, Be, Bi, Tl) и остальные, действие которых на организм человека в настоящее время достоверно не определено.

Очевидно, что это деление достаточно условно. Сложность проблемы классификации МЭ состоит в том, что эссенциальные МЭ при определенных условиях могут вызвать токсические реакции, а отдельные токсичные МЭ при определенной дозировке и экспозиции могут обнаружить полезные свойства и даже оказаться незаменимыми. В организме осуществляется подвижный баланс элементов, который достигается с помощью взаимосвязанных процессов — избирательного поглощения, избирательного депонирования в органах и клетках, избирательной утилизации. Нарушение этого баланса может быть обусловлено внутренними (генетическими) и внешними (экология, питание) причинами и приводит к различным патологиям. При патологиях, связанных с эссенциальными МЭ, человек сталкивается, как правило, с заболеваниями, вызванными недостаточным поступлением этих веществ. При нарушениях, связанных с токсичными МЭ, патологии обычно обусловлены избыточностью поступления. Основным путем проникновения МЭ в организм человека является желудочно-кишечный тракт — тонкий кишечник, 12-перстная кишка [3, 5, 7, 8]. Поэтому как недостаток, так и избыток поступления МЭ в организм человека в основном (за исключением профессиональных специфических воздействий) связаны с особенностями питания. Очевидно, что воздействие практически никогда не бывает моноэлементным. Известно, что МЭ обладают широким спектром синергических и антагонистических взаимодействий. Известны сотни двухсторонних и трехсторонних взаимодействий между эссенциальными и токсичными МЭ. Это многообразие взаимодействий создает базу, на основе которой развивается дисбаланс микроэлементного гомеостаза, что приводит к различным патологиям. Отсюда возникает необходимость в знании уровней концентрации как можно более широкого спектра МЭ в потребляемых продуктах питания и питьевой воде.

Целью данной работы является оценка баланса поступления МЭ в организм человека. В качестве эталонного выбран Центральный регион России, поскольку до 70 % населения РФ проживают в подобных условиях, с достаточно унифицированным питанием и системой очистки питьевой воды.

Для достижения этой цели в процессе работы решались следующие задачи:

- количественная и качественная оценка рационов питания населения;
- анализ микроэлементного состава основных продуктов питания, потребляемых населением средней полосы России;
- анализ микроэлементного состава питьевой воды в системе водоснабжения;
- оценка поступления МЭ в организм человека.

## **1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА**

Поскольку нас интересовали продукты питания, которые непосредственно потреблялись населением, отбор проб производился из розничной торговой сети, в личных и фермерских хозяйствах областей средней полосы России. Отбор овощных культур и дикорастущих грибов осуществлялся непосредственно в местах их произрастания в Московской, Владимирской, Тверской и Калужской обл., речная рыба вылавливалась в реках Московской, Тверской и Астраханской обл.

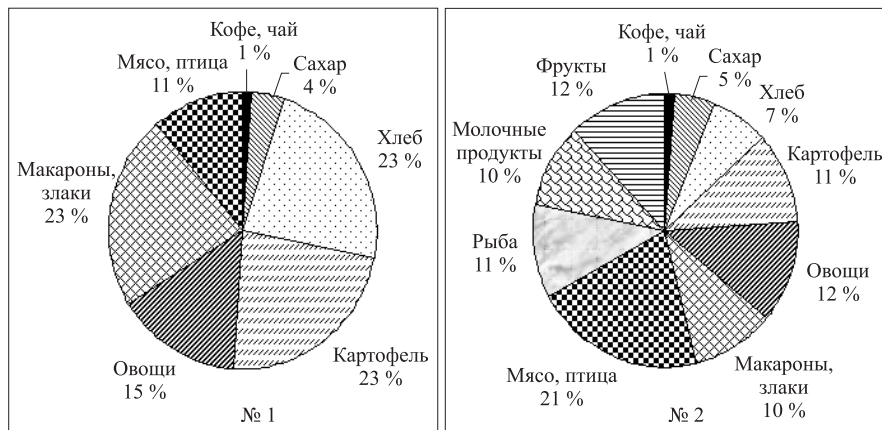
Отбор, хранение, транспортировка и подготовка образцов к анализу осуществлялись в соответствии с рекомендациями Международной системы стандартов (ISO) и стандартов РФ.

Анализ микроэлементного состава отобранных образцов проводился в лабораториях Геологического института РАН (Москва) и Объединенного института ядерных исследований (Дубна) с помощью атомно-абсорбционного и нейтронно-активационного методов по стандартным методикам [13–15].

## **2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

На рисунке показаны две различные структуры рационов питания. Структура первого рациона питания, названного нами базовым (рацион № 1), составляет основу для населения, уровень доходов которого соответствует прожиточному минимуму. В настоящее время в России с таким уровнем доходов проживает 23–27 % населения. Этот рацион характеризуется весьма малым разнообразием продуктов и преобладанием картофеля, макаронных изделий и хлеба. Из мясных продуктов потребляется в основном куриное мясо, из овощей — капуста, морковь и свекла.

Структура второго рациона питания условно названа нами основной (рацион № 2), продукты питания, входящие в его состав, являются основными для населения региона со средним уровнем доходов. Характеризуется большим разнообразием, уменьшением доли потребления хлеба, картофеля, макарон и злаков, увеличением доли потребления мяса, рыбы и морепродуктов, фруктов и молочных продуктов.



Структура базового (№ 1) и основного (№ 2) рационов питания

В табл. 1 приведены данные о содержании МЭ в крупах, макаронных изделиях и хлебе. Обращает на себя внимание высокое содержание Cr и Ni в крупах и макаронных изделиях, оно близко, равно или выше предельно допустимой концентрации (ПДК). Кроме того, достаточно близки к ПДК содержания Cu, Se и Sb. В хлебе превышения содержания МЭ над ПДК не зафиксировано. Пшеничный хлеб более обогащен такими элементами, как Na, K, Ca, Cr, Br и Rb, их концентрации в 2–3 раза выше, чем в ржаном хлебе.

В табл. 2 отражены данные о содержании МЭ в овощных культурах. В листовых культурах следует отметить превышение ПДК Cr и Ni и приближение к предельному уровню Zn и Pb. Кроме того, для листовых культур свойственны высокие концентрации Mn, Fe, Co, As, Br, Rb, La и Th. В кукурузе отмечается превышение ПДК Cr (в 4 раза), Ni и Zn, характерны также высокие концентрации Mn, Fe, Co, Cu, As, Br, Rb, La и Th. В бобовых культурах уровни ПДК превышают Cr (почти в 3 раза), Ni (в 4 раза), Cu и Zn (почти в 6 раз). Следует указать на высокие концентрации Mn, Fe, Co, Br и Rb. Отдельно необходимо отметить большое содержание Mo в бобовых культурах. Эти уровни концентрации уникальны среди изученных нами продуктов питания. Для листовых культур, кукурузы и бобовых характерно также обогащение K и Ca.

Во всех остальных случаях превышения ПДК не наблюдается. Обратим внимание на то, что для корнеплодов и томатов свойственно более низкое содержание МЭ.

В табл. 3 приведены результаты исследования концентрации МЭ во фруктах. В графе «цитрусовые» суммированы данные по апельсинам, мандаринам

Таблица 1. Содержание МЭ в крупах, макаронных изделиях и хлебе (мкг/г)

Элемент	Овес (n = 10)	Гречневая крупа (n = 6)	Рис (n = 12)	Макаронные изделия (n = 21)	Хлеб, сырая масса		Норматив РФ
					Пшеничный (n = 11)	Ржаной (n = 16)	
Na	46 ± 11	23 ± 5	30 ± 11	68 ± 34	855 ± 164	327 ± 130	–
K	3760 ± 270	3410 ± 825	860 ± 510	1800 ± 500	27000 ± 3000	15000 ± 500	–
Ca	410 ± 100	530 ± 63	600 ± 125	640 ± 310	855 ± 197	308 ± 142	–
Cr	0,5 ± 0,1	0,1 ± 0,02	0,3 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,13 ± 0,07	< 0,05	0,2
Mn	33 ± 4	13 ± 2	6,6 ± 2	11 ± 4	7,9 ± 3,3	6,2 ± 1,8	–
Fe	59 ± 9	23 ± 5	24 ± 7	31 ± 9	36 ± 16	39 ± 15	–
Co	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,005	0,05 ± 0,03	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,03	0,04 ± 0,02	–
Ni	3,1 ± 0,2	1,8 ± 0,5	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,11 ± 0,03	0,16 ± 0,06	0,5
Cu	4,2 ± 0,3	4,1 ± 0,9	2,7 ± 0,4	3,8 ± 0,8	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,04	5–10
Zn	25 ± 1,5	15 ± 6	12 ± 2	10 ± 2	7,9 ± 4,6	9,3 ± 3,7	25–50
As	0,04 ± 0,02	<0,01	<0,01	<0,03	<0,03	<0,03	0,1–0,3
Se	<0,01	<0,01	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	<0,05	<0,05	0,5
Br	8 ± 2	0,7 ± 0,4	20 ± 12	10 ± 1,5	2,6 ± 0,7	1,2 ± 0,3	–
Rb	4 ± 0,9	5 ± 0,8	2 ± 0,5	2 ± 0,5	9,2 ± 3,3	4,3 ± 1,8	–
Cd	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03–0,1
Sb	<0,01	<0,01	<0,01	0,06 ± 0,05	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,006	0,1
La	0,3 ± 0,04	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	–
Hg	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,01–0,03
Th	0,04 ± 0,01	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	–
Pb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3–0,5

и лимонам. Как видно, фрукты бедны МЭ, содержание которых не превышает установленных в РФ нормативов.

В табл. 4 представлены данные о содержании МЭ в грибах — шампиньонах и вешенках, выращенных в разных условиях. Их анализ показывает, что дикорастущие шампиньоны являются весьма интенсивными концентраторами тяжелых и токсичных металлов: содержание Se в этих грибах превышает ПДК в 2 раза, Cd — почти в 13 раз, Hg — в 11 раз. Характерная особенность дикорастущих шампиньонов — накопление благородных металлов (Ag и Au), достаточно высоки концентрации Co, Cu, As и Pb. Следует отметить, что высоких концентраций этих металлов в почве, на которой произрастали

Таблица 2. Содержание МЭ в овощных культурах (сырая масса, мкг/г)

Элемент	Салат, шпинат, укроп, петрушка (n = 74)	Кукуруза (n = 18)	Бобовые (фасоль, чечевица) (n = 31)	Капуста (n = 22)	Томаты (n = 38)	Картофель (n = 54)	Морковь (n = 57)	Норматив РФ
Na	222 ± 45	45 ± 24	36 ± 6	163 ± 38	14 ± 6	28 ± 19	450 ± 230	-
K, %	1,5 ± 0,4	2,7 ± 0,5	1,09 ± 0,1	0,35 ± 0,08	0,28 ± 0,04	0,52 ± 0,13	0,32 ± 0,16	-
Ca	3280 ± 1600	4333 ± 1330	1093 ± 74	224 ± 64	114 ± 57	110 ± 39	150 ± 89	-
Cr	0,32 ± 0,06	0,84 ± 0,2	0,55 ± 0,1	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,06 ± 0,03	0,02 ± 0,01	0,2
Mn	13 ± 4	22 ± 3	14 ± 3	3,3 ± 1	0,84 ± 0,2	1,3 ± 0,3	0,8 ± 0,3	-
Fe	57 ± 44	113 ± 96	120 ± 15	5,9 ± 2,1	4,3 ± 0,9	8,8 ± 4,3	2 ± 1	-
Co	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,03	0,3 ± 0,05	0,005 ± 0,001	0,004 ± 0,001	0,012 ± 0,004	0,007 ± 0,004	-
Ni	0,6 ± 0,25	0,73 ± 0,26	2,1 ± 0,3	0,15 ± 0,03	0,04 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,13 ± 0,03	0,5
Cu	1,8 ± 0,7	4,8 ± 0,6	9,6 ± 2,8	0,87 ± 0,1	0,47 ± 0,14	0,88 ± 0,4	0,42 ± 0,04	5
Zn	7 ± 3	16 ± 8	56 ± 7	2,2 ± 0,6	1,9 ± 0,5	4,1 ± 1,9	2,5 ± 1,3	10
As	0,021 ± 0,01	0,055 ± 0,02	< 0,01	0,008 ± 0,004	< 0,005	0,011 ± 0,002	< 0,005	0,2
Se	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5
Br	3,2 ± 2	4 ± 2,7	13 ± 3	0,14 ± 0,03	0,35 ± 0,21	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,07	-
Rb	1,6 ± 0,1	2,6 ± 0,1	13 ± 2	2,1 ± 0,4	0,77 ± 0,63	1,2 ± 0,5	2,2 ± 0,6	-
Mo	0,09 ± 0,06	< 0,05	4 ± 1,5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-
Cd	< 0,01	< 0,01	< 0,05	0,01 ± 0,003	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,002	0,02 ± 0,01	0,03
Sb	< 0,002	< 0,002	0,025 ± 0,01	0,003 ± 0,001	< 0,002	0,002 ± 0,001	0,006 ± 0,002	0,3
La	0,13 ± 0,06	0,13 ± 0,03	< 0,01	0,01 ± 0,004	< 0,01	0,013 ± 0,0004	0,01 ± 0,005	-
Hg	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,02
Pb	0,23 ± 0,03	< 0,02	< 0,02	0,02 ± 0,009	0,03 ± 0,02	< 0,02	< 0,02	0,5

Таблица 3. Содержание МЭ во фруктах (сырая масса, мкг/г)

Элемент	Цитрусовые (апельсины, лимоны, мандарины) (n = 25)	Бананы (n = 15)	Яблоки (n = 35)	Норматив РФ
Na	24 ± 9	10 ± 0,9	12 ± 0,7	–
K, %	0,17 ± 0,02	0,33 ± 0,02	0,1 ± 0,01	–
Ca	375 ± 235	240 ± 8	90 ± 20	–
Cr	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,2
Mn	0,5 ± 0,06	1,3 ± 0,2	0,35 ± 0,06	–
Fe	4,1 ± 0,6	6,2 ± 2,8	1,9 ± 0,08	–
Co	0,006 ± 0,001	0,002 ± 0,001	0,004 ± 0,001	–
Ni	0,18 ± 0,03	< 0,03	< 0,03	0,5
Cu	0,46 ± 0,07	1,5 ± 0,2	0,2 ± 0,03	5
Zn	1,1 ± 0,3	2,4 ± 0,5	0,3 ± 0,04	10
As	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,2
Se	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5
Br	0,11 ± 0,01	0,48 ± 0,05	0,02 ± 0,01	–
Rb	0,7 ± 0,08	3,3 ± 0,3	0,1 ± 0,04	–
Mo	< 0,05	< 0,05	< 0,05	–
Cd	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03
Sb	0,004 ± 0,001	0,005 ± 0,002	<0,002	0,3
Hg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,02
Pb	< 0,02	< 0,02	0,06 ± 0,01	0,5

шампиньоны, не зафиксировано. В шампиньонах, выращенных в агрофирме в искусственных условиях, концентрации тяжелых и токсичных металлов не превышают ПДК.

Для дикорастущих вешенок характерны более низкие концентрации тяжелых и токсичных металлов: зафиксировано только превышение ПДК Cd (почти в 10 раз). Здесь сохраняется та же тенденция, что и в шампиньонах: концентрация МЭ в вешенках, выращенных в искусственных условиях, существенно ниже, чем в дикорастущих.

Табл.5 содержит сведения о содержании МЭ в морепродуктах и рыбе. Они показывают, что в мясе креветки высоки концентрации As и Zn. Как



Таблица 4. Содержание МЭ в шампиньонах и вешенках (сырая масса, мкг/г)

Элемент	Шампиньоны ( <i>Agaricus campestris</i> ), n = 29		Вешенки ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ), n = 14		Норматив РФ
	Агрофирма	Дикорастущие	Агрофирма	Дикорастущие	
Na	52 ± 18	26 ± 14	9,4 ± 1	8,7 ± 0,8	–
K, %	0,41 ± 0,09	0,35 ± 0,12	0,36 ± 0,07	0,6 ± 0,06	–
Ca	40 ± 9	41 ± 17	81 ± 38	145 ± 53	–
Cr	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,007	0,01 ± 0,006	0,2
Mn	0,7 ± 0,2	0,6 ± 0,3	0,5 ± 0,08	1 ± 0,1	–
Fe	3,5 ± 0,6	5,2 ± 1,9	8,9 ± 1,1	8,2 ± 3,9	–
Co	0,004 ± 0,001	0,023 ± 0,01	0,006 ± 0,004	0,011 ± 0,005	–
Ni	0,06 ± 0,04	0,06 ± 0,03	< 0,03	0,03 ± 0,006	–
Cu	2,8 ± 1,3	11 ± 8	0,7 ± 0,2	1,1 ± 0,3	–
Zn	4,6 ± 0,3	5,8 ± 0,4	4,9 ± 0,3	5,1 ± 0,3	–
As	0,02 ± 0,002	0,09 ± 0,06	0,01 ± 0,002	0,01 ± 0,004	0,5
Se	0,25 ± 0,1	1,1 ± 0,3	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,003	0,5
Br	0,23 ± 0,06	0,51 ± 0,3	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,006	–
Rb	0,8 ± 0,2	0,4 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,3 ± 0,1	–
Cd	0,02 ± 0,01	0,41 ± 0,3	0,02 ± 0,01	0,26 ± 0,08	0,03
Sb	0,003 ± 0,001	0,004 ± 0,003	0,001 ± 0,0007	0,001 ± 0,0007	0,3
Ag	0,01 ± 0,003	0,81 ± 0,63	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,007	–
Au	0,0002 ± 0,0001	0,036 ± 0,021	< 0,0001	< 0,0001	–
Hg	0,012 ± 0,006	0,55 ± 0,25	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,002	0,05
Pb	< 0,02	0,13 ± 0,05	< 0,02	< 0,02	0,5

видно, для всех морепродуктов, в том числе и для морской рыбы, характерно высокое содержание Na и Br. Пресноводная рыба отличается большим содержанием Se.

В табл. 6 приведены данные о содержании МЭ в мясе, мясных продуктах, куриных яйцах и молочных продуктах. Превышения содержания МЭ над уровнем ПДК не зафиксировано, однако следует отметить достаточно высокое содержание Zn во всех объектах исследования, Na и Ca в мясopодуктах, Na, Fe, Br и Rb в куриных яйцах и Br в молочных продуктах.

Таблица 5. Содержание МЭ в морепродуктах и рыбе (сырая масса, мкг/г)

Элемент	Морепродукты		Рыба		Норматив РФ
	Креветки (n = 7)	Кальмары (n = 5)	Пресноводная (n = 25)	Морская (n = 20)	
Na	9652 ± 2300	2694 ± 213	404 ± 78	1580 ± 724	–
K, %	0,32 ± 0,08	0,15 ± 0,02	0,28 ± 0,03	0,23 ± 0,03	–
Ca	619 ± 25	139 ± 9	272 ± 110	126 ± 41	–
Cr	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,02	0,02 ± 0,009	0,3
Mn	0,17 ± 0,05	0,46 ± 0,11	0,29 ± 0,09	0,24 ± 0,15	–
Fe	4,5 ± 0,7	1,5 ± 0,4	7,8 ± 1,7	2,8 ± 1,5	–
Co	0,097 ± 0,05	0,043 ± 0,002	0,015 ± 0,01	0,024 ± 0,011	–
Ni	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,5
Cu	1,9 ± 0,3	1,2 ± 0,1	0,28 ± 0,11	0,52 ± 0,39	10
Zn	11 ± 2,2	12 ± 2	8 ± 3,8	5 ± 0,9	40
As	8,5 ± 3,2	0,31 ± 0,04	0,028 ± 0,007	0,72 ± 0,37	1–5
Se	0,3 ± 0,1	0,13 ± 0,02	0,59 ± 0,42	0,15 ± 0,04	1
Br	191 ± 100	24 ± 2,9	1,7 ± 1,3	12 ± 5,7	–
Rb	0,4 ± 0,14	0,26 ± 0,04	0,74 ± 0,37	0,29 ± 0,07	–
Cd	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,04	0,01 ± 0,002	0,01 ± 0,002	0,1
Ag	0,07 ± 0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	–
Sb	0,035 ± 0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,5
Hg	0,054 ± 0,022	0,021 ± 0,004	0,042 ± 0,005	0,015 ± 0,004	0,15
Pb	< 0,02	< 0,02	0,09 ± 0,04	0,07 ± 0,02	0,5

Табл. 7 отражает микроэлементный состав кофе, чая и сахара. Обращает на себя внимание, что чай весьма обогащен такими элементами, как Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Br, Rb, Cs и Pb, в кофе велики концентрации K, Ca, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br и Rb. Сахар по своему составу крайне беден МЭ.

В табл. 8 приведены результаты изучения микроэлементного состава питьевой воды в г. Москве. Сопоставление этих данных с отечественными ПДК и нормативами ЕС, ВОЗ и США показывает, что содержание МЭ в питьевой воде значительно ниже любых мировых нормативов.

В первом разделе табл. 9 приведены литературные данные по суточной потребности и реальному поступлению МЭ в организм человека [4–8, 11, 12,

Таблица 6. Содержание МЭ в мясных и молочных продуктах (сырая масса, мкг/г)

Элемент	Мясо (n = 14)	Мясопродукты (сосиски, сардельки) (n = 15)	Куриные яйца (n = 12)	Молочные продукты (n = 15)	Норматив РФ	
					Мясные продукты	Молочные продукты
Na	658 ± 80	5710 ± 336	1197 ± 258	275 ± 78	–	–
K, %	0,21 ± 0,05	0,11 ± 0,03	0,29 ± 0,05	0,12 ± 0,03	–	–
Ca	83 ± 6	1468 ± 44	693 ± 138	340 ± 127	–	–
Cr	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,02	< 0,02	0,04 ± 0,02	0,2	0,1
Mn	0,12 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,16 ± 0,02	–	–	–
Fe	8,2 ± 2,3	8,1 ± 0,3	40 ± 5,3	3,6 ± 1,1	–	–
Co	0,002 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,022 ± 0,003	< 0,002	–	–
Ni	< 0,03	< 0,03	0,06 ± 0,03	< 0,03	0,5	0,1
Cu	0,68 ± 0,09	1,2 ± 0,1	0,91 ± 0,1	0,38 ± 0,1	5	1–4
Zn	53 ± 5,2	17 ± 2,1	25 ± 4,7	4,9 ± 1,5	70	5–10
As	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1	0,02–0,2
Se	0,08 ± 0,01	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1	0,5
Br	1,3 ± 0,1	2,3 ± 0,7	4,7 ± 1,1	5,3 ± 1,6	–	–
Rb	1,2 ± 0,3	0,8 ± 0,4	2,5 ± 0,6	2,1 ± 0,7	–	–
Cd	< 0,01	< 0,01	0,04 ± 0,01	< 0,01	0,05	0,03–0,1
Ag	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	–	–
Sb	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,007 ± 0,002	0,1	0,05
Hg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	0,005–0,02
Pb	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,3	0,1–0,3

16–18]. Их анализ показывает, что суточное поступление большинства МЭ соответствует необходимой потребности. Наблюдается небольшой недостаток поступления Mn и довольно большой избыток Co и Ni.

Во втором разделе табл. 9 сведены данные по поступлению МЭ, полученные авторами расчетным путем на основе средних суточных норм потребления (рационы № 1 и 2) с использованием информации, представленной в табл. 1–8. Количество потребления пищи взрослым индивидуумом принималось за 1,4 кг/сут, воды — 2 л/сут. Полученные таким образом значения достаточно хорошо согласуются с литературными источниками, хотя и имеются некоторые расхождения. Оценка поступления отдельных элементов в организм человека с продуктами питания и питьевой водой приводится ниже.

Таблица 7. Содержание МЭ в кофе, чае и сахаре (сухой вес, мкг/г)

Элемент	Кофе (n = 16)	Чай (n = 15)	Сахар (n = 7)	Норматив РФ
Na	171 ± 16	57 ± 8	33 ± 6	–
K, %	4,17 ± 0,3	1,7 ± 0,09	0,002 ± 0,0005	–
Ca	1140 ± 123	2010 ± 14	530 ± 96	–
Cr	0,4 ± 0,1	3,2 ± 0,1	< 0,1	–
Mn	17 ± 2	870 ± 45	< 0,2	–
Fe	31 ± 4	117 ± 5	< 5	–
Co	0,34 ± 0,3	0,23 ± 0,01	< 0,01	–
Ni	1,4 ± 0,2	5,7 ± 0,9	0,3 ± 0,06	–
Cu	10 ± 0,5	24 ± 8	0,09 ± 0,05	1–50
Zn	5 ± 0,4	25 ± 1	0,6 ± 0,2	3–100
As	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,3–1
Se	< 0,1	< 0,1	< 0,1	–
Br	8,1 ± 2	6,2 ± 0,9	< 0,1	–
Rb	88 ± 6	38 ± 3	< 1	–
Cd	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05–0,5
Ag	< 0,1	< 0,1	< 0,1	–
Sb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	–
Cs	< 0,1	2,2 ± 0,1	< 0,1	–
Hg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01–0,05
Pb	< 0,1	0,5 ± 0,07	< 0,1	0,5–1

**Na.** Относится к основным, или структурным, элементам. Основная роль Na в организме — поддержание осмотического давления внеклеточных жидкостей. Содержание Na в организме человека составляет примерно 100 г. Его необходимое поступление оценивается в 1,4–1,6 г/сут. Реальное поступление в соответствии с рационом №1 почти в 2 раза меньше, в соответствии с рационом №2 несколько ниже необходимого. Это объясняется тем, что нами проанализировано содержание Na в сырых продуктах питания без учета поваренной соли, которая добавляется в процессе приготовления пищи. По литературным данным с учетом добавления соли в продукты питания поступление натрия в организм человека находится в пределах нормы.

Таблица 8. Содержание МЭ в питьевой воде (мкг/л)

Элемент	Питьевая вода, г. Москва, $n = 25$	Норматив, ВОЗ [9]	Норматив, США [9]	Норматив, ЕС [9]	Норматив, Россия [10]
Na	$60 \pm 5$	200	–	200	–
K	$20 \pm 5$	–	–	–	–
Ca	$44 \pm 4$	–	–	–	–
Cr	$0,00004 \pm 0,00001$	0,05	0,1	0,05	0,05
Mn	$0,003 \pm 0,001$	0,1	–	0,05	0,1
Fe	$0,046 \pm 0,02$	0,03	–	0,2	0,3
Co	$< 0,0002$	–	–	–	–
Ni	$0,0006 \pm 0,0003$	0,02	–	0,02	0,1
Cu	$0,002 \pm 0,001$	2	1,3	2	1
Zn	$0,036 \pm 0,02$	3	–	5	5
As	$0,00015 \pm 0,00003$	0,01	0,05	0,01	0,05
Se	$< 0,0002$	0,01	0,05	0,01	0,01
Br	$0,02 \pm 0,005$	–	–	0,01 (бромат)	0,2 (бромиды)
Mo	$0,00003 \pm 0,00001$	0,07	–	–	0,25
Ag	$< 0,00005$	–	–	–	–
Cd	$0,0000012 \pm 0,0000006$	0,003	0,005	0,005	0,001
Sb	$< 0,0005$	0,005	0,005	0,001	0,003
Hg	$< 0,0002$	0,001	0,002	0,001	0,0005
U	$0,0005 \pm 0,0001$	0,002	–	–	–
Pb	$< 0,0002$	0,01	0,015	0,01	0,03

**К.** Является структурным химическим элементом. Калий играет основную роль во внутриклеточном обмене, в поддержании осмотического давления, в ионных механизмах возбуждения в периферической и центральной нервной системах. Содержание К в организме человека составляет 140 г. Необходимое поступление этого элемента находится в пределах 2–3 г/сут. Реальное поступление значительно больше: в соответствии с рационом №1 — 8 г/сут, а с рационом №2 — 4–5,9 г/сут.

**Ca.** Представляет группу «структурных» элементов. Кальций играет ключевую роль в передаче нервного возбуждения, в поддержании целостности клеточных мембран, построении костей. Содержание Ca в организме человека составляет около 1000 г. Более 99% входит в состав костей и зубной эмали.

Таблица 9. Поступление МЭ в организм человека (мг/сут)

Элемент	Литературные данные		Результаты эксперимента	
	Потребность	Поступление	Рацион 1	Рацион 2
Na	1400–1600	500–1500	800	1200–1600
K	2000–3000	2000–6000	8000	4000–5900
Ca	1000	1100	820	730–885
Cr	0,05–0,2	0,3	0,19	0,16
Mn	2–9	0,4–10	18	16–19
Fe	10–30	7–8	33	16–18
Co	0,04–0,1	0,3	0,035	0,04–0,06
Ni	0,005–0,6	0,3–0,6	0,33	0,27–0,32
Cu	2–5	4–5	2,8	2,1–4,4
Zn	6–30	13	15	17–19
As	–	1–10	0,008	0,007–0,8
Se	0,1–0,15	0,06–0,33	0,13	0,15–0,24
Br	–	7,5	5,3	4,1–13
Rb	–	1,5–6	4,9	3,7
Mo	0,3	0,05–0,3	< 0,05	0,24
Ag	–	0,07–0,1	< 0,05	< 0,05
Cd	–	0,01–0,2	0,007	0,005–0,11
Sb	–	0,002–0,1	0,06	0,02
Hg	–	0,001	< 0,002	0,006–0,089
Pb	–	0,2–0,3	0,01	0,023–0,048

Примечание: (–) означает отсутствие данных.

Необходимое поступление Ca — 1 г/сут. Реальное поступление с обоими рационами несколько ниже необходимого — 0,8–0,9 г/сут.

**Cr.** Относится к эссенциальным элементам. Метаболизм хрома достаточно сложен из-за различного валентного состояния, которое и определяет особенности поведения его в организме. Входит в состав ферментных систем, участвует в обмене нуклеиновых кислот, при недостатке хрома может развиваться гипергликемия и глюкозурия, напоминающие явления умерен-

ного сахарного диабета. Достоверные данные о содержании в организме человека в настоящее время отсутствуют. Необходимое поступление хрома 0,05–0,2 мг/сут, токсическая доза — 200 мг/сут. Реальное поступление с рационами № 1 и 2 составляет 0,16–0,19 мг/сут.

**Mn.** Принадлежит к эссенциальным элементам. Марганец входит в состав ферментативных систем с неспецифически обменивающимися металлокомпонентами, влияет на активность ряда ферментов. Известно накопление марганца щитовидной железой и его участие в образовании йодосодержащих белков. Содержание в организме человека 12 мг. Необходимое поступление составляет 2–9 мг/сут. Реальное поступление с обоими рационами примерно в 2–3 раза больше необходимого.

**Fe.** Относится к эссенциальным элементам. Входит в состав гемоглобина, участвует в процессах связывания и переноса кислорода к тканям, стимулирует функцию кроветворных органов, применяется в качестве лекарства при анемии. Содержание в организме человека 4,2 г. Необходимое поступление Fe составляет 10–30 мг/сут, токсическое действие оказывает при дозе 200 мг/сут. Реальное поступление Fe с рационом № 1 несколько больше необходимого — 33 мг/сут, с рационом № 2 находится в пределах необходимого.

**Co.** Представляет группу эссенциальных элементов, является одним из важнейших МЭ. Со влияет на кроветворение и обмен веществ, важнейшая роль принадлежит при эндогенном синтезе витамина В<sub>12</sub>. Избыток Со стимулирует костный мозг к продуцированию эритроцитов, он также угнетает способность щитовидной железы аккумулировать йод, т. е. зобная болезнь может быть следствием приема солей Со при анемии. Содержание в организме человека 14 мг. Необходимое поступление составляет 0,04–0,1 мг/сут, токсическая доза — 200–500 мг/сут. Реальное поступление Со с рационом № 1 0,035 мг/сут, с рационом № 2 0,04–0,06 мг/сут в зависимости от предпочтений в пище.

**Ni.** В настоящее время относят к условно-эссенциальным элементам. Убедительных доказательств жизненной необходимости никеля для животных и человека пока не получено. Данные о его содержании в организме достаточно противоречивы, различные исследователи приводят цифры различающиеся на порядок — от 1 до 10 мг. В отношении необходимого поступления в организм человека расхождения еще значительнее — от 0,005 до 0,6 мг/сут. Реальное поступление Ni с обоими рационами 0,3 мг/сут.

**Cu.** Принадлежит к эссенциальным элементам. Входит в состав металлопротеидов, регулирующих окислительно-восстановительные реакции клеточного дыхания, фотосинтеза, усвоения молекулярного азота, является составной частью гормонов. Содержание в организме человека 72 мг. Необходимое поступление меди составляет 2–5 мг/сут, токсическое действие оказывает при дозе более 250 мг/сут. Реальное поступление Cu с рационом № 1 составляет 2,8 мг/сут, с рационом № 2 — 2,1–4,4 мг/сут.

**Zn.** Представляет группу эссенциальных элементов, является одним из важнейших МЭ. Входит в состав ряда важнейших ферментов, участвует в обмене нуклеиновых кислот и синтезе белков. Влияет на основные жизненные процессы: кроветворение, размножение, рост и развитие организма, обмен углеводов, жиров и белков, окислительно-восстановительные реакции, энергетический обмен. Содержание в организме человека 2,3 г. Необходимое поступление 6–30 мг/сут, токсическое действие оказывает при дозе 300–600 мг/сут. Реальное поступление с рационом №1 составляет 15 мг/сут, с рационом №2 — 17–19 мг/сут, т. е. находится в пределах нормы.

**As.** Относится к токсичным элементам, в ряде биологических процессов может заменять фосфор, считается канцерогенным для человека. Однако установлено, что недостаток As приводит к угнетению роста и рождаемости у экспериментальных животных. Содержание в организме человека 18 мг. Необходимое поступление As не установлено, токсическая доза составляет 10–50 мг/сут. Реальное поступление с рационом №1 0,008 мг/сут, с рационом №2 0,007–0,8 мг/сут. Большая разница в поступлении объясняется тем, что второе значение поступления рассчитано с учетом потребления морепродуктов, которые являются богатейшим пищевым источником As.

**Se.** Является эссенциальным элементом. В настоящее время считается одним из наиболее эффективных антиоксидантов. Играет большую роль в обмене белков, жиров и углеводов, в регуляции многих ферментативных реакций и в окислительно-восстановительных процессах. Известна способность Se предохранять от отравления Cd и Pb. В организме человека содержится 14 мг селена. Необходимое поступление составляет 0,1–0,15 мг/сут, недостаток проявляется при поступлении менее 0,01 мг/сут в виде болезни Кешана, или кардиомиопатии, токсическая доза 55 мг/сут. Реальное поступление с рационом №1 0,13 мг/сут, с рационом №2 0,15–0,24 мг/сут. Второе значение поступления с рационом №2 также связано с употреблением в пищу морепродуктов.

**Vr.** Представитель условно-эссенциальных элементов. Биологическая роль Vr в живых организмах изучена недостаточно. Известно, что он является постоянной составной частью нормального желудочного сока, обуславливая наряду с Cl его кислотность. Соединения Vr угнетают функцию щитовидной железы и усиливают гормональную активность коры надпочечников. Содержание Vr в организме человека 260 мг, необходимое поступление в настоящее время не определено, токсическое действие оказывает при дозе 3 г/сут. Реальное поступление с рационом №1 составляет 5,3 мг/сут, с рационом №2 — 4,1–13 мг/сут. Второе значение поступления с рационом №2 связано с употреблением в пищу морской и речной рыбы, морепродуктов, овощей, кофе.

**Rb.** Биологическая роль в настоящее время достоверно не определена. Рубидий обнаруживается во всех живых организмах, является спутником калия, вероятно, имеет отношение к нервной проводимости. В организме чело-



века содержится 680 мг рубидия, необходимое поступление не установлено, не токсичен. Реальное поступление с рационом № 1 составляет 4,9 мг/сут, с рационом № 2 — 3,7 мг/сут.

**Mo.** Относится к эссенциальным элементам. Роль Mo в обмене веществ обусловлена включением его в состав нескольких ферментов, обмен данного элемента в организме в некоторой степени сходен с обменом фосфора. Длительное потребление избыточных количеств молибдена приводит к нарушению P–Ca-обмена, деформации конечностей, слабости. Достоверных данных о содержании Mo в организме человека нет, необходимое поступление составляет 0,3 мг/сут, токсическая доза 5 мг/сут. Реальное поступление с рационом № 1 составляет значение менее 0,05 мг/сут, с рационом № 2 — 0,24 мг/сут, что полностью обусловлено потреблением бобовых (фасоль, чечевица).

**Ag.** Биологическая роль в настоящее время изучена недостаточно. Известно антисептическое действие серебра, кроме того, оно оказывает неспецифическое действие на ферментативные системы. Достоверных данных о содержании Ag в организме человека и о необходимом суточном потреблении нет, токсическая доза 60 мг/сут. Реальное поступление с обоими рационами менее 0,05 мг/сут, если не употребляются в пищу дикорастущие грибы (табл. 4).

**Cd.** Является токсичным элементом. Известно, что кадмий, аналогично меди и цинку, снижает адреналиновую гипергликемию, но сам по себе не оказывает влияния на содержание сахара в крови. Влияет на углеводный обмен. Соединения кадмия высокотоксичны, вызывают воспаление почек, жировое перерождение печени и сердца, кишечные кровотечения, обладают канцерогенным действием. В организме человека содержится 50 мг Cd, токсическое действие может проявляться при поступлении 3–5 мг/сут. Реальное поступление с рационом № 1 7 мкг/сут, с рационом № 2 0,005–0,11 мг/сут.

**Sb.** Достоверные данные о роли сурьмы в обмене веществ в организме человека в настоящее время отсутствуют. По своим свойствам она близка к мышьяку, установлено угнетающее влияние Sb на ферменты, участвующие в углеводном, жировом и белковом обмене. Как и мышьяк, сурьма реагирует с сульфгидрильными группами, обладает токсическими и канцерогенными свойствами. В организме человека содержится около 2,5 мг сурьмы, токсическое действие возможно при дозе 100 мг/сут. Реальное поступление Sb с рационом № 1 составляет 0,06 мг/сут, с рационом № 2 — 0,02 мг/сут.

**Hg.** Относится к высокотоксичным элементам. В хроническом случае поражается нервная система, нарушаются двигательные функции, секреция желудочно-кишечного тракта. Токсическое действие ртути сильно зависит от ее химической формы. Неорганические соли двухвалентной ртути вызывают нарушение деятельности почек, в то время как метилртуть в основном нарушает деятельность периферийной и центральной нервной систем. В организме человека по разным оценкам содержится 10–15 мг, токсическое действие ока-

зывает при поступлении 0,4 мг/сут. Реальное поступление Hg с рационом № 1 менее 0,002 мг/сут, с рационом № 2 0,006–0,089 мг/сут. Второе значение поступления с рационом № 2 достаточно близко к токсической дозе и связано с потреблением морепродуктов, особенно мяса креветки.

**Pb.** Относится к токсичным элементам. Токсическое влияние свинца характеризуется воздействием на гем и гемопротейны, что приводит к понижению уровня циркулирующего в крови гемоглобина, действие свинца сказывается также на активности эритроцитов. Известно его воздействие на периферическую и центральную нервную системы. В настоящее время показано, что даже при низких уровнях свинцового воздействия возможно падение скорости нервной проводимости. В организме человека содержится 120 мг свинца, из них 95 % находятся в костях. Токсическое действие может проявляться при поступлении 1 мг/сут. Реальное поступление с рационом № 1 составляет 0,01 мг/сут, с рационом № 2 — 0,023–0,048 мг/сут.

### 3. ВЫВОДЫ

В результате проведения данного исследования был определен микроэлементный состав продуктов питания, характерных для потребления населением средней полосы России, приведены данные о содержании МЭ в питьевой воде в г. Москве, оценено их поступление в организм человека с основными рационами питания. При оценке результатов данной работы можно сделать следующие выводы.

1. Превышение ПДК по отдельным МЭ, в том числе и токсичным, в различных продуктах питания представляется достаточно распространенным явлением. Это может быть следствием различных причин: локальные или региональные особенности почвы, на которой выращивают сельскохозяйственные культуры, использование минеральных удобрений, изготовленных из фосфорита (As, Cd, U), использование этилированного бензина (Pb), экологические причины. Но основной причиной, по мнению авторов, являются сложности в разработке оперативных систем контроля микроэлементного состава продуктов питания.

2. Наиболее беден микроэлементный состав фруктов и сахара, в наибольшей степени обогащены МЭ дикорастущие грибы, морепродукты, рыба, овощи (особенно кукуруза, бобовые и листовые культуры).

3. При оценке баланса поступления МЭ в организм человека с рационами № 1 и 2 получены, по мнению авторов, достаточно парадоксальные результаты. Оказалось, что наиболее оптимальным является поступление МЭ с рационом № 1, который соответствует прожиточному минимуму и беден в плане разнообразия продуктов. Поступление всех исследуемых МЭ находится в пределах необходимого. При употреблении более разнообразного рациона № 2 может возникнуть нарушение баланса поступления МЭ в сторону

увеличения потребления как эссенциальных, так и токсичных МЭ, причем поступление некоторых МЭ может приближаться к порогу токсичности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Gorbunov A. V., Frontasyeva M. A., Kistanov A. A., Lyapunov S. M., Okina O. I., Ramadan A. B.* Heavy and toxic metals in staple foodstuffs and agriproduct from Contaminated Soils // *J. of Environ. Sci. and Health, Part B, Pesticides, Food Contaminants, Wastes*. В. 2003. V. 38, No. 2. P. 181–192.
2. *Лозовская И. Н., Орлов Д. С., Садовникова Л. К.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М., 1998. С. 284.
3. Микроэлементозы человека / Ред. А. П. Авцин, Н. К. Пермяков. М., 1989. С. 339.
4. *Tarit Roychowdhury, Hiroshi Tokunaga, Masanori Ando.* Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic-affected area of West Bengal, India // *STOTEN*. 2003. V. 308. P. 15–35.
5. *Стукс И. Ю.* Экологические факторы риска артериальной гипертензии. Томск, 1997. С. 126.
6. *Ершов Ю. А., Плетнева Т. В.* Механизмы токсического действия неорганических соединений. М.: Медицина, 1989. С. 272.
7. *Москалев Ю. И.* Минеральный обмен. М.: Медицина, 1985. С. 287.
8. *Кудрин А. В., Скальный А. В., Жаворонков А. А., Скальная М. Г., Громова О. А.* Иммунофармакология микроэлементов. М., 2003. С. 537.
9. *Фомин Г. С.* Вода. М., 2000. С. 838.
10. Государственный контроль качества воды. М., 2003. С. 773.
11. *Wilhelm M., Wittsiepe J., Schrey P., Budde U., Idel H.* Dietary intake of cadmium by children and adults from Germany using duplicate portion sampling // *STOTEN*. 2002. V. 285. P. 11–19.
12. *Samara C., Voutsas D.* Dietary intake of trace elements and polycyclic hydrocarbons via vegetables grown in an industrial area // *STOTEN*. 1998. V. 218. P. 203–216.
13. *Swodoba L., Zimmermanova K., Kalac P.* Concentrations of mercury, cadmium, lead and copper in fruiting bodies of edible mushrooms in an emission area of a copper smelter and a mercury smelter // *STOTEN*. 2000. V. 246. P. 61–67.
14. *Zuo-Wen Zhang et al.* Determination of lead and cadmium in food and blood by inductively coupled plasma mass spectrometry: a comparison with graphite furnace atomic absorption spectrometry // *STOTEN*. 1997. V. 205. P. 179–187.
15. *Gorbunov A. V., Gundorina S. F., Onischenko T. L., Frontasyeva M. A.* Development of combined method to carry out a multielement analysis for environment preservation // *JRNC, Articles*. 1989. V. 129, No. 2. P. 443–451.
16. *Мазо В. К., Гмошинский И. В., Скальный А. В., Сысоев Ю. А.* Цинк в питании человека: фактическое потребление и критерии обеспеченности // *Вопросы питания*. 2002. Вып. 5. С. 38–41.

17. *Мазо В.К., Гмошинский И.В., Скальный А.В., Сысоев Ю.А.* Цинк в питании человека: физиологические потребности и биодоступность // Вопросы питания. 2002. Вып. 3. С. 46–51.
18. *Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э.* Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. М.: Мир, 1993. С. 368.

Получено 10 июня 2004 г.

Редактор *О. Г. Андреева*  
Макет *Е. В. Сабатовой*

Подписано в печать 17.06.2004.  
Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,47. Тираж 200 экз. Заказ № 54544.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.  
E-mail: [publish@pds.jinr.ru](mailto:publish@pds.jinr.ru)  
[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)