

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель министра –  
Главный государственный  
санитарный врач  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ И.В. Гаевский  
12.12.2012  
Регистрационный № 015-1112

**МЕТОД ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ  
БАЛАНСА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ У ДЕТЕЙ  
(РЕГИОНАЛЬНЫЙ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ ПАСПОРТ)**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЯ-РАЗРАБОТЧИКИ: ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены», ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», ГНУ «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси», РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», ГУО «Белорусский национальный технический университет»

АВТОРЫ: канд. мед. наук, доц. Е.О. Гузик, канд. мед. наук Е.А. Гресь, А.Г. Романюк, канд. техн. наук Л.С. Ивашкевич, канд. мед. наук, доц. В.А. Зайцев, В.П. Сокол, Т.С. Кухта, д-р с/х наук И.М. Богдевич, канд. техн. наук С.А. Лаптенюк

Минск 2012

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящей инструкции по применению (далее — инструкция) представлен метод гигиенической оценки баланса химических элементов в биосистеме «человек–среда обитания», основанный на изучении регионального микроэлементного паспорта детского населения.

Дефицит или избыток химических элементов (ХЭ) в организме человека (как природно-обусловленный, так и имеющий антропогенный характер) существенно влияет на формирование его метаболических особенностей. Эндогенный дисбаланс микроэлементов (МЭ) является результатом нарушения содержания и передвижения их по «пищевой цепи» (вода–почва–растение–животное–человек), создавая своеобразный региональный элементный фон населения и состояние его здоровья. Территория Республики Беларусь неоднородна по своему геохимическому составу, и вклад различных факторов (вода, почва, продукты питания) в формирование микроэлементного статуса человека в зависимости от региона проживания может значительно варьировать. Оценка содержания микроэлементов в организме детей позволит разработать индивидуальную программу метаболической коррекции микроэлементного статуса детей. Изучение баланса химических элементов в биосистеме «человек–среда обитания» на конкретной территории проживания, разработанный на уровне района, города, области, позволит проводить гигиенический мониторинг состояния здоровья детского населения, формировать группы риска по гипо- и гиперэлементозам, оценивать взаимозависимости многосторонних связей цепи «человек–среда обитания», составлять карты экологического природного и техногенного неблагополучия регионов, обосновывать рекомендации по коррекции микронутриентного дисбаланса у детей, может стать ведущим гигиеническим критерием оценки эффективности профилактических мероприятий, адаптированных к потребностям жителей конкретного региона проживания.

Инструкция предназначена для врачей-специалистов органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор (далее — госсаннадзор), сотрудников иных организаций, занимающихся диагностикой и лечением заболеваний, вызванных действием экологических факторов и(или) обусловленных возникновением алиментарно-зависимой патологии.

### **ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ**

Отсутствуют.

### **ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА**

#### **Изучение микроэлементного баланса человека**

##### *Выбор биосубстрата и объекта исследования*

Для изучения микроэлементного статуса организма детей целесообразным является изучение их содержания в волосах, которые вовлечены в процессы хранения (депонирования) и аккумуляции (концентрирования) химических элементов и отражают концентрацию и метаболизм химических элементов во внутренней среде организма. Это позволяет рекомендовать их в качестве

диагностического биосубстрата.

Информативность исследования волос по сравнению с использованием других биосубстратов (кровь, моча) определяется следующим:

- уровень химических элементов в волосах не подвергается суточным колебаниям, связанным с текущим поступлением МЭ с пищей, что наблюдается в крови и моче;

- содержание химических элементов в волосах отражает ретроспективно их потребление в прошлом, соизмеримое со скоростью роста и длиной волос, что позволяет дать характеристику общего элементного статуса организма, формирующегося в течение значительного временного промежутка (месяцы, годы);

- МЭ концентрируются в волосах, что обеспечивает большую надежность исследования их следовых количеств в организме;

- содержание МЭ в волосах не изменяется при длительном хранении;

- между концентрацией МЭ в волосах и содержанием в плазме крови имеет место прямая взаимосвязь.

В обобщенном виде сравнительная информативность исследования элементного анализа волос, крови и мочи представлена в приложении 1. К недостаткам метода исследования МЭ в волосах относят следующие:

- уровень МЭ в волосах может зависеть от состава используемых для мытья волос средств (так, некоторые шампуни против перхоти содержат селен);

- содержание некоторых МЭ подвержено влиянию цвета волос (например, в темных волосах больше железа, никеля, меди и цинка).

Влияние этих факторов можно вычлениить в каждом конкретном случае при сборе анамнеза. Вместе с тем следует учитывать, что волосы являются одной из самых устойчивых к действию случайных факторов внешней среды структур не только кожного покрова, но и всего организма, уступая в этом только зубам: белки, поперечно сшитые S-S-мостиками и  $\epsilon$ -( $\gamma$ -глутамил)-лизиновыми сшивками, обеспечивают клеткам волос и эпидермиса характерную химическую устойчивость.

Использование волос по сравнению с другими биосредами более достоверно позволит оценить:

- уровень общей обеспеченности организма человека эссенциальными химическими элементами;

- степень нагрузки токсичными металлами;

- половые различия элементного баланса макро- и микроэлементов (например, Ca, Mg, K, Na и др.);

- наличие категорий обследованных с микроэлементами дефицита и токсическими гипермикроэлементами для формирования клинических групп риска (состояние предболезни) и выделения больных.

Изучение микроэлементного состава организма детей позволит составить региональный микроэлементный паспорт и изучить влияние комплекса факторов окружающей среды на здоровье. Данная возрастная группа является наиболее чувствительным индикатором экологического неблагополучия:

- дети проводят большую часть времени на территории, не выходящей за границы района проживания;

- они не имеют профессионального контакта с тяжелыми металлами;
- на состояние здоровья детей не оказывают влияния вредные условия труда (тяжелая физическая работа, ночные смены и др.);
- большинство детей не имеет вредных привычек;
- в силу физиологических особенностей (повышенный основной обмен, более интенсивное течение процессов метаболизма, ускоренная легочная вентиляция) абсорбция токсических элементов протекает у детей более активно, чем у взрослых;
- по причине морфофункциональной незрелости организм ребенка отличается повышенной чувствительностью к недостаточному или избыточному поступлению химических элементов.

#### *Отбор проб волос*

Отбору проб волос предшествует получение информированного согласия от родителей по форме в соответствии с приложением 2.

Для получения пробы волосы состригают в 4–5 местах на затылке, ближе к шее, и далее объединяют в пучок толщиной с тонкий карандаш (необходима прядь волос длиной до 3–5 см (непосредственно от корня волос)). Коротких волос необходимо количество, способное заполнить чайную ложку. Волосы должны быть чистыми, без лака, геля, жидкости для укладки и пр. Химическая завивка, окраска и обесцвечивание не являются затруднением для анализа, однако об этом необходимо сообщить, указав также естественный цвет волос. Волосы вкладывают в отдельный чистый конверт, подписывают все индивидуальные данные (ФИО, дата рождения, адрес проживания, рост, вес, АД, диагноз, вредные привычки) и направляют для исследования в аккредитованную лабораторию, которая на основании физико-химического анализа представляет результаты содержания микроэлементов в волосах.

#### *Анализ и оценка показателей элементного спектра волос*

Анализ содержания химических элементов в организме человека и диагностика выраженности макро- и микроэлементных нарушений основываются на использовании понятия групп риска, формирующихся по признаку отклонения выявленных показателей от допустимого уровня:

- *физиологический уровень* соответствует естественному содержанию элемента у человека, не имеющего с ним контакта;
- *условно допустимым уровнем* считается такое количество вещества в организме, которое при постоянном его содержании не вызывает изменений состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований (т. е. практически соответствует верхней или нижней границе физиологического содержания элемента);
- значительное превышение допустимых показателей по одному из элементов у многих обследованных определяется понятием «*критический уровень*», при котором наблюдаются биохимические изменения, связанные с токсическим действием металла или дефицитом жизненно важного элемента.

Всех лиц с превышением или снижением допустимого уровня по одному или нескольким химическим элементам относят к группе риска (по гипо- и гипердисмикроэлементозам); им проводят углубленное медицинское обследование.

### Оценка уровня обеспеченности человека эссенциальными МЭ

Ввиду ограниченности количества химических элементов, для которых показатели допустимого содержания разработаны официально, при оценке распространенности микроэлементного дисбаланса обычно используются биологически условно допустимые рабочие величины, основанные на данных о верхнем и нижнем пределах физиологического содержания элементов, т. н. «референтные значения» (таблица 1).

Оценка индивидуальных данных детей и подростков производится в сравнении с референтными показателями содержания эссенциальных МЭ (таблица 1). По итогам анализа готовится индивидуальное заключение и конкретные рекомендации по коррекции выявленных дисмикроэлементозов.

Для анализа и представления результатов популяционных исследований используют *оценку индивидуальных показателей содержания МЭ в волосах* по отношению к нижнему и верхнему биологически допустимому уровню (НБДУ и ВБДУ), исходя из референтных значений, с последующим процентным распределением обследованных.

Таблица 1 — Референтные показатели содержания эссенциальных МЭ в волосах у детей и подростков

Наименование ХЭ	Диапазон средних нормальных значений, мкг/г	
	мальчики	девочки
Ca	266–503	341–702
Mg	16–36	22–54
P	83–165	83–165
K	50–660	50–660
Se	0,5–1,5	0,5–1,5
Sr	0,5–5,0	0,5–5,0
Zn	140–220	140–220
Cu	8–15	8–15
Fe	10–25	10–25
Mn	0,1–1,0	0,1–1,0
Co	0,01–0,5	0,01–0,5
Cr	0,1–2,0	0,1–2,0

Статистическая оценка полученных результатов в силу того, что для исследуемых элементных показателей выборочные распределения не подчиняются нормальному закону, проводится с использованием медианы и межквартильного интервала (как правило, в виде 25 и 75 перцентилей). Эта информация дает количественную характеристику сравниваемых показателей преимущественно в диапазоне типичных значений, отражая, в частности, территориальные количественные различия показателей элементного спектра волос.

При оценке показателей элементного спектра волос детей необходимо учитывать половые различия содержания ряда жизненно необходимых химических элементов.

### *Оценка степени нагрузки организма токсичными микроэлементами*

Данные о степени нагрузки населения токсичными микроэлементами приводятся в сопоставлении с имеющимися оценочными величинами содержания этих токсикантов в организме человека: «условным биологически допустимым уровнем», «уровнем обеспокоенности» и «критическим уровнем» (таблица 2).

Таблица 2 — Референтные показатели содержания токсичных МЭ в волосах у детей и подростков

Наименование ХЭ	Содержание микроэлементов мкг/г		
	условный биологически допустимый уровень	уровень «обеспокоенности»	критический Уровень
Al	$\leq 10,00$	10,10–19,99	$\geq 20,00$
Pb	$\leq 3,00$	3,10–4,99	$\geq 5,00$
Cd	$\leq 0,25$	0,26–0,49	$\geq 0,50$
As	$\leq 0,10$	0,11–0,49	$\geq 0,50$
Hg	$\leq 2,0$	2,1–4,9	$\geq 5,0$
Ni	$\leq 2,0$	2,1–4,9	$\geq 5,0$

### *Представление данных микроэлементного баланса*

При представлении полученных результатов популяционных исследований микроэлементного состава волос по данным спектрометрии могут быть использованы общепринятые таблицы и графические изображения. Пример анализа микроэлементного баланса по данным спектрометрии волос по результатам комплексного гигиенического обследования 698 детей препубертатного развития (г. Минск) представлен в приложении 3.

Для визуализации полученных данных при обосновании профилактических мероприятий в заинтересованных органах и учреждениях целесообразным является картографическое моделирование пространственного распределения уровней обеспеченности МЭ с использованием программного обеспечения, реализующего технологии географических информационных систем (ГИС). Пример картографирования полученных данных распределения у детей г. Минска по уровню обеспеченности селеном, марганцем и токсической нагрузки свинцом в зависимости от административного района проживания представлен в приложении 4.

### *Изучение баланса химических элементов в биосистеме «человек–среда обитания»*

Для оценки баланса химических элементов в биосистеме «человек–среда обитания» исследование микроэлементного профиля человека должно быть дополнено изучением содержания химических элементов в объектах среды обитания (почва, вода) по результатам, как собственных исследований, так и в сопоставлении с данными других научно-практических центров:

*Уровень химических элементов питания растений в пахотных и луговых почвах региона проживания* определяется в сравнении со средневзвешенными показателями содержания ХЭ питания растений (фосфор, калий, кальций, магний, медь, цинк, бор), исследованных в пахотных и луговых почвах 118 районов Беларуси и систематизированных с группировкой их в соответствии с принятыми градациями (согласно книге «*Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь*» / Под ред. И.М. Богдевича. — Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2006 (изд. 1-е) и 2012 (изд. 2-е). Форма представления результатов изучения содержания ХЭ питания растений на примере Минского региона изложена в приложении 5.

*Содержание ХЭ в питьевой воде.* Химический состав питьевой воды в каждом регионе проживания контролируется территориальными центрами гигиены и эпидемиологии. Данные систематизируются специалистами учреждений, осуществляющих госсаннадзор, и оцениваются в соответствии с гигиеническими нормативами. Форма представления результатов изучения содержания МЭ в питьевой воде для анализа баланса ХЭ в биосистеме «человек–среда обитания» изложена в приложении 6 на примере г. Минска.

*Гигиеническая оценка регионального микроэлементного паспорта детского населения*

На основании комплексного медико-гигиенического исследования содержания МЭ в волосах составляется региональный «микроэлементный паспорт» здоровых детей, который учитывает:

- уровень обеспеченности эссенциальными микроэлементами и относительную распространенность их дефицита;
- степень нагрузки токсичными металлами;
- химический состав основных возможных региональных источников, обеспечивающих поступление микроэлементов в организм человека;
- формирование групп риска развития патологии, обусловленной микроэлементными нарушениями.

В итоге готовится заключение по оценке баланса химических элементов в биосистеме «человек–среда обитания». Образец заключения представлен в приложении 7 по результатам комплексного медико-гигиенического обследования 698 детей препубертатного периода развития, постоянно проживающих в г. Минске.

Таблица — Информативность определения химических элементов в крови, моче и волосах (Krause C. et al., 1989; Sabbioni E. et al., 1992)

Элемент	Кровь	Моча	Волосы
As	+	+	+
Al			+
Ba			+
Bi	+		
B			+
Cd	+	+	+
Ca	+	+	+
Cr	+	+	
Co	+		
Cu	+	+	+
Fe			+
Pb	+		+
Mg			+
Hg	+	+	
P			+
Se	+		
Ag	+		
Sr			+
Tl	+		
Zn	+		+



### **Информированное согласие родителей на отбор проб волос**

Я, \_\_\_\_\_, не возражаю против обследования моего ребенка (ФИО) с использованием неинвазивных (нетравматичных) методов.

« » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Подпись родителя \_\_\_\_\_

Согласен(-на) предоставить волосы ребенка для микроэлементного анализа.

« » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Подпись родителя \_\_\_\_\_

### **Памятка по сбору волос для микроэлементного анализа**

Для анализа необходима прядь волос длиной до 3–5 см (непосредственно от корня волос). Волосы состригают в 4–5 местах на затылке, ближе к шее, и далее объединяют в пучок толщиной с тонкий карандаш. Коротких волос необходимо количество, способное заполнить чайную ложку.

Волосы должны быть чистыми, без лака, геля, жидкости для укладки и пр. Химическая завивка, окраска и обесцвечивание не являются затруднением для анализа, однако об этом необходимо сообщить в прилагаемой анкете, указав также естественный цвет волос.

Волосы необходимо вложить в отдельный чистый конверт.

Сообщите индивидуальные данные: ФИО, дата рождения, адрес проживания, рост, вес, АД, диагноз, вредные привычки; прием витаминно-минеральных комплексов и/или лекарственных препаратов.

Таблица 1 — Уровень обеспеченности эссенциальными микроэлементами здоровых детей г. Минска в периоде препубертата по данным элементного спектра волос

ХЭ	Мальчики				Девочки			
	А		R	S	А		R	S
	Медиана, мкг/г	Межквартильный интервал, мкг/г	%	%	Медиана, мкг/г	Межквартильный интервал, мкг/г	%	%
Ca	398,6*	301,6–651,5	18,8	38,2	1089,9*	699,4–1530,9	2,9	74,8
Mg	41,1*	29,4–76,4	4,9	61,8	107,0*	72,0–140,0	1,0	87,2
P	136,8	116,8–160,8	4,2	21,5	126,4	109,0–143,3	6,9	8,6
K	176,7*	82,9–512,5	7,9	18,1	67,1*	51,5–107,0	20,4	4,9
Se	0,4	0,3–0,5	69,6	0,0	0,4	0,3–0,5	76,8	0,0
Sr	0,7*	0,4–1,1	26,2	0,0	1,4*	1,0–2,0	3,2	0,7
Zn	140,7*	112,8–171,6	27,1	5,6	164,8*	133,2–206,5	30,4	21,1
Cu	10,0*	8,2–12,7	13,2	18,5	11,7	9,0–16,7	12,8	30,1
Fe	16,7	11,9–21,4	37,3	15,7	15,4	11,3–19,6	25,4	13,3
Mn	0,6*	0,5–0,9	0,0	21,9	0,9*	0,6–1,3	0,2	46,6
Co	0,01	0,0–0,03	51,7	0,0	0,02	0,0–0,03	47,1	0,5
Cr	0,2	0,1–0,3	11,9	21,7	0,2	0,1–0,3	13,3	4,0

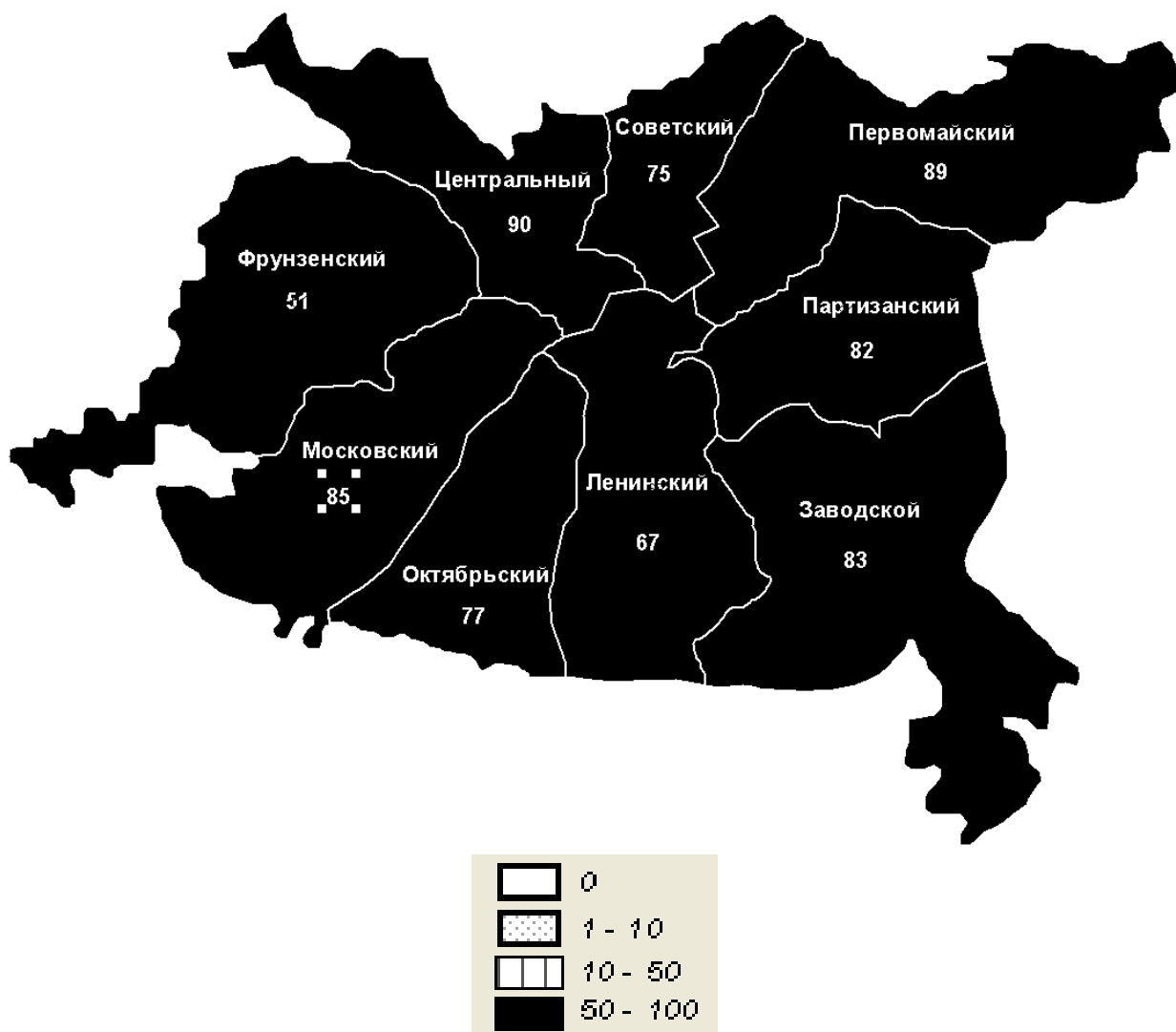
Примечание — достоверность межполовых различий, \* —  $p < 0,01$ ; А — среднее содержание микроэлемента в волосах (Ме, межквартильный интервал); R — относительная распространенность дефицита микроэлемента, %; S — относительная распространенность избытка микроэлемента, %.

Таблица 2 — Уровень фактической нагрузки токсичными микроэлементами и относительная распространенность их избыточного накопления у здоровых детей г. Минска в периоде препубертата по данным спектроскопии волос

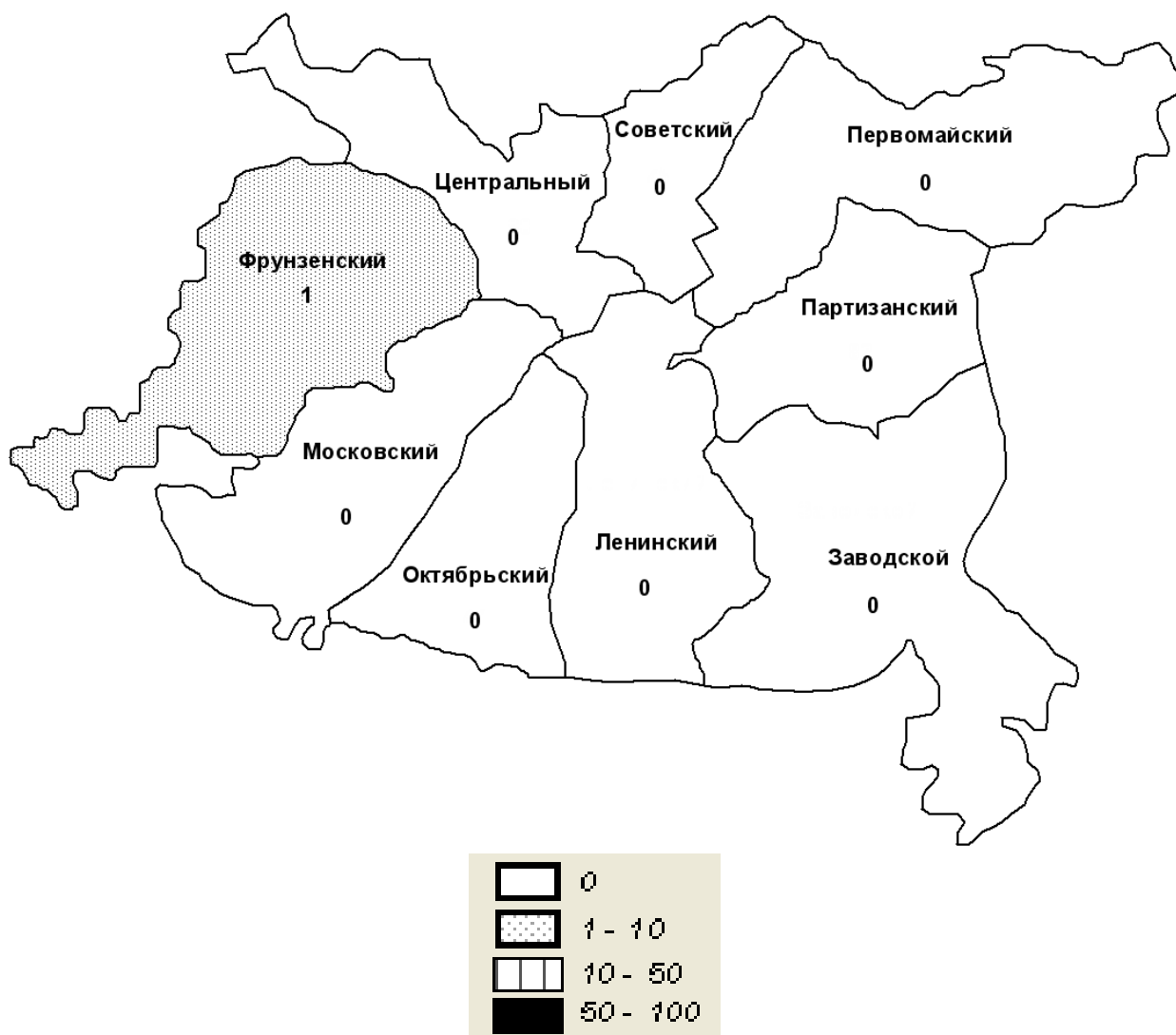
ХЭ	Фактическое содержание, мкг/г		Критерии оценки, мкг/г			Относительная распространенность, %		
	Медиана	Межквартильный интервал	УБДУ	Уровень «обеспокоенности»	Критический уровень	УБДУ	Уровень «обеспокоенности»	Критический уровень
Al	8,82	6,31–12,50	≤10	10,1–19,9	≥20,0	59,1	35,3	5,6
Pb	0,64	0,32–0,94	≤3,0	3,10–4,90	≥5,0	96,5	1,9	1,6
Cd	0,03	0,01–0,05	≤0,25	0,26–0,49	≥0,5	98,1	1,0	0,9
Ni	0,6	0,3–1,1	≤2,0	2,1–4,90	≥5,0	87,9	8,2	3,9

Примечание — УБДУ — условный биологически допустимый уровень.

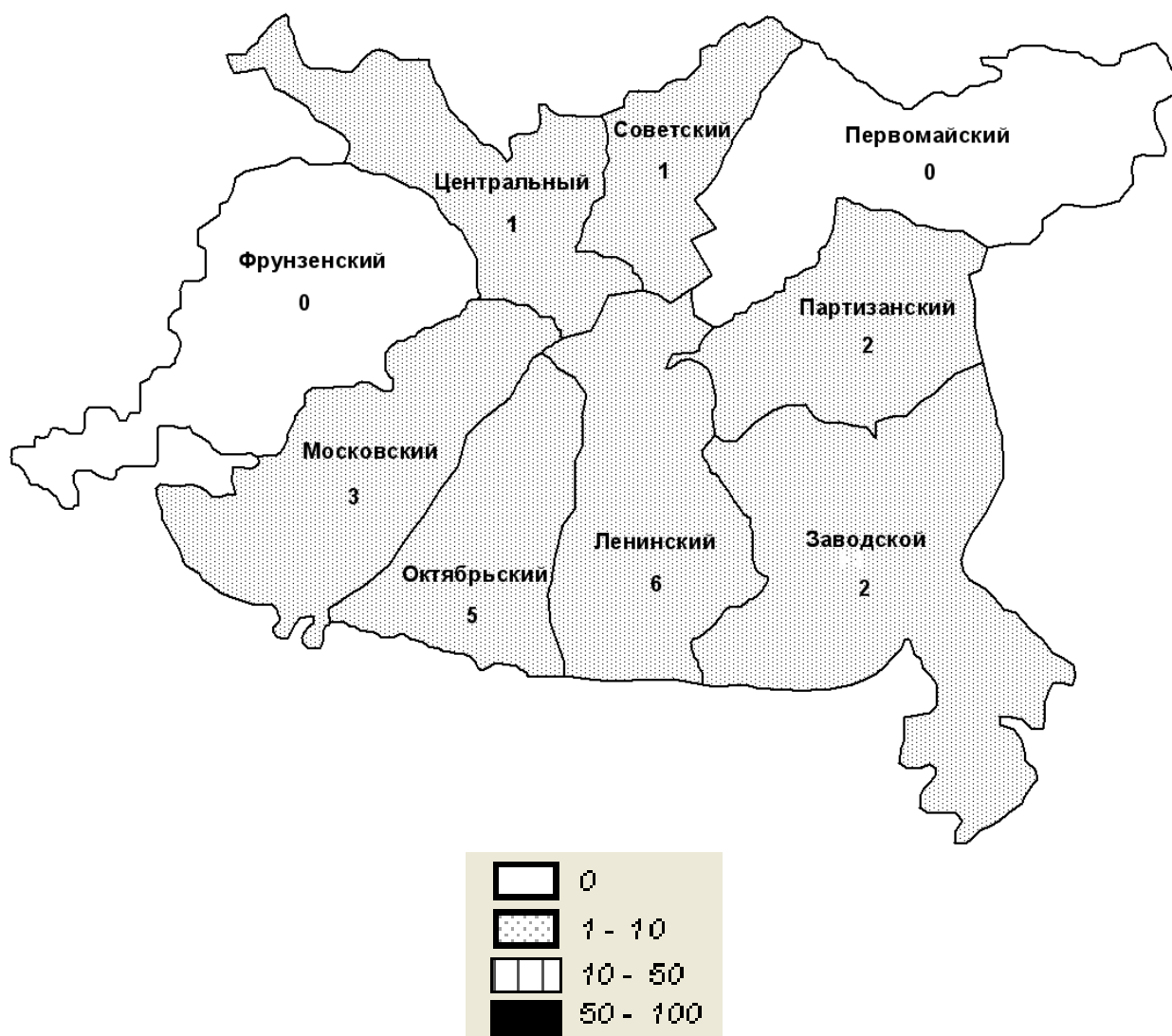
**Картографическое моделирование пространственного распределения уровней обеспеченности эссенциальными и нагрузки токсичными микроэлементами детей г. Минска.**



**Рисунок 1 — Удельный вес детей с микроэлементозом дефицита селена по административным районам г. Минска, %**



**Рисунок 2 — Удельный вес детей с микроэлементозом дефицита марганца по административным районам г. Минска, %**



**Рисунок 3 — Удельный вес детей с гиперэлементозом свинца по административным районам г. Минска, %**

Таблица 1 — Средневзвешенное содержание подвижных форм элементов питания растений в пахотных и луговых почвах Минского района, мг/кг

МЭ	Почвы	Средневзвешенное содержание элементов в почве, мг/кг	Оптимальные параметры, мг/кг
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Пахотные почвы	232	200–350
	Сенокосы и пастбища	148	120–200
K <sub>2</sub> O	Пахотные почвы	284	170–300
	Сенокосы и пастбища	189	150–200
CaO	Пахотные почвы	1520	800–1500
	Сенокосы и пастбища	1506	–
MgO	Пахотные почвы	306	120–300
	Сенокосы и пастбища	396	–
Cu	Пахотные почвы	2,00	3,1–5,0
	Сенокосы и пастбища	1,93	–
Zn	Пахотные почвы	3,59	5,1–10,0
	Сенокосы и пастбища	3,71	–

Таблица 2 — Распределение пахотных и луговых почв Минского района в зависимости от уровня содержания микроэлементов Cu, Zn, B

МЭ	Показатель	Распределение почв по группам в зависимости от уровня содержания микроэлементов			
		I	II	III	IV
Cu	Фактическое содержание, мг/кг	<1,50	1,51–3,00	3,01–5,00	>5,00
	% пахотных почв	37,8	51,2	8,9	2,1
	% сенокосов и пастбищ	44,0	45,8	7,5	2,7
Zn	Фактическое содержание, мг/кг	<3,00	3,01–5,00	5,01–10,00	>10,01
	% пахотных почв	60,1	26,9	10,2	2,8
	% сенокосов и пастбищ	54,7	30,5	11,5	3,3

Примечание — I — почвы, слабо обеспеченные микроэлементами; II — почвы, средне обеспеченные микроэлементами; III — почвы с высоким содержанием микроэлементов; IV — почвы с избыточным содержанием микроэлементов.

Таблица 3 — Распределение пахотных почв, улучшенных сенокосов и пастбищ Минского района в зависимости от уровня содержания макроэлементов P, Ca, K, Mg

МЭ	Показатель	Распределение почв по группам в зависимости от уровня содержания макроэлементов					
		I	II	III	IV	V	VI
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Фактическое содержание, мг/кг	<60	61–100	101–150	151–250	251–400	>400
	% пахотных почв	1,4	9,3	18,4	37,2	28,5	5,2
	% сенокосов и пастбищ	7,4	26,8	28,5	23,7	12,2	1,4
K <sub>2</sub> O	Фактическое содержание, мг/кг	<80	81–140	141–200	201–300	301–400	>400
	% пахотных почв	0,4	7,4	18,3	34,1	28,6	11,2
	% сенокосов и пастбищ	8,8	31,7	22,7	21,2	11,5	4,1
CaO	Фактическое содержание, мг/кг	<400	401–800	801–1200	1201–1600	1601–2000	>2001
	% пахотных почв	–	0,2	12,3	55,5	24,8	7,2
	% сенокосов и пастбищ	–	1,1	15,6	49,4	28,1	5,8
MgO	Фактическое содержание, мг/кг	<60	61–90	91–150	151–300	301–450	>451
	% пахотных почв	0,1	–	4,2	46,6	41,6	7,5
	% сенокосов и пастбищ	–	–	1,8	14,5	52,5	31,2

Примечание — I–II — почвы с очень низким и низким содержанием макроэлементов; III–IV — почвы, средне- и нормально обеспеченные макроэлементами; V–VI — почвы с высоким и избыточным содержанием макроэлементов.



Таблица 1 — Содержание эссенциальных микроэлементов в питьевой водопроводной воде г. Минска, мг/л

Показатели		Fe	Cu	Zn	Mo	F	Se	Mn	B	Co	Cr <sup>6+</sup>	Sr
Питьевая водопроводная вода г. Минска	Медиана	<0,10	<0,04	0,007	<0,002	0,170	<0,0018	0,016	<0,10	<0,00022	<0,001	0,08
	Минимум	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,040	<0,001	<0,001	<0,05	<0,00020	<0,000	0,07
	Максимум	2,10	0,079	0,310	0,020	0,96	0,0055	0,152	1,56	0,00087	0,040	0,12
ПДК [СанПиН 10-124 РБ]		0,3	1,0	5,0	0,25	1,5	0,01	0,5	0,5	0,1	0,05	7,0
% проб с превышением ПДК		16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0

Таблица 2 — Содержание токсичных микроэлементов в питьевой водопроводной воде г. Минска, мг/л

Показатели		As	Pb	Al	Be	Ba	Cd	Ni	Hg
Питьевая водопроводная вода г. Минска	Медиана	<0,0007	<0,025	0,0058	<0,00014	0,022	<0,000002	<0,00054	<0,00017
	Минимум	<0,0007	<0,025	<0,0001	<0,00010	<0,0005	<0,000001	<0,00024	<0,00010
	Максимум	0,0018	<0,025	0,46	0,00144	0,2700	0,00082	0,00262	<0,00017
ПДК [СанПиН 10-124 РБ]		0,05	0,03	0,5	0,0002	0,1	0,001	0,1	0,0005
% проб с превышением ПДК		0,0	0,0	0,0	1,1	3,3	0,0	0,0	0,0

Таблица 3 — Содержание химических элементов Ca, Mg, K, F в водопроводной воде г. Минска, мг/л

Показатель		Ca	Mg	K	Фторид-ион (F)
Фактическое содержание МЭ	Медиана	51,7	12,4	0,70	0,170
	Минимум	35,7	10,4	0,45	<0,040
	Максимум	62,8	14,2	1,18	0,96
Норматив качества расфасованной питьевой воды высшей категории [ЕСТ]		25–80	5–50	2–20	0,6–1,2

**Заключение по итогам изучения баланса химических элементов в биосистеме «человек–среда обитания» на примере комплексного медико-гигиенического исследования детей препубертатного периода развития, постоянно проживающих в г. Минске**

**«МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ ПАСПОРТ» здоровых детей препубертатного периода развития, постоянно проживающих в г. Минске, в соответствии с полученными результатами характеризуется следующими особенностями:**

*Обеспеченность эссенциальными макро- и микроэлементами:*

*Кальций* — уровень депонирования в организме макроэлемента в соответствии со значениями медианы достаточный; содержание в питьевой воде и почвах оптимальное;

*Магний* — уровень депонирования в организме достаточный; содержание в питьевой воде и почвах оптимальное.

*Фосфор* — дефицит депонирования в организме в единичных случаях при сниженной обеспеченности элементом пахотных почв и пастбищ.

*Калий* — дефицит депонирования в организме у каждого седьмого обследованного, низкий уровень содержания в питьевой воде, недостаточная обеспеченность элементом пахотных почв и пастбищ.

*Железо* — содержание депонированного в организме микроэлемента не достигает нижнего биологического уровня у каждого третьего школьника.

*Селен* — дефицит содержания в организме имеет место у подавляющего большинства (75%) детей при значениях показателей медианы, не достигающих нижней границы референтного уровня.

*Цинк* — содержание депонированного в организме микроэлемента не достигает нижнего биологического уровня у каждого четвертого школьника, дефицитный уровень содержания в питьевой воде и почвах.

*Медь* — содержание депонированного в организме микроэлемента не достигает нижнего биологического уровня у каждого десятого школьника, дефицитный уровень содержания в питьевой воде и почвах.

*Стронций* — умеренная степень дефицита в организме мальчиков при достаточном содержании у девочек, сниженное содержание микроэлемента в питьевой воде.

*Марганец* — достаточное содержание в организме, сниженный уровень в питьевой воде.

*Хром* — умеренное снижение содержания в организме у каждого десятого обследованного.

*Кобальт* — дефицит микроэлемента у половины обследованных при значениях медианы, соответствующих минимальному референтному показателю.

Сохранены типичные достоверные половые различия уровня депонирования в организме макроэлементов: преобладание у девочек по сравнению с мальчиками содержания в волосах кальция и магния при более низком накоплении калия и натрия ( $p < 0,01$ ).

*Степень нагрузки токсичными металлами:*

*Алюминий* — содержание металла на «уровне озабоченности» у 35,3% детей, превышение критического уровня у 5,6% школьников; содержание элемента в питьевой воде не превышает ПДК.

*Свинец* — «уровень обеспокоенности» микроэлементом имеют 1,9% детей; превышение критического содержания зарегистрировано в 1,6% случаев; содержание в питьевой воде не превышает ПДК.

*Кадмий* — «уровень обеспокоенности» выявлен у 1%, превышение критического уровня имеет 0,9% обследованных школьников; содержание Cd в воде не превышает ПДК.

*Никель* — медиана содержания в организме обследованных в пределах допустимых концентраций, «уровень обеспокоенности» имеет 8,2%, превышение критического уровня — у 3,9%.

*Заключение*

Изучение элементного спектра волос практически здоровых школьников г. Минска в препубертатном периоде развития методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой позволило дать следующую оценку особенностей микроэлементного статуса детского населения столицы:

1. Состояния обеспеченности эссенциальными микроэлементами определяет тенденции формирования групп риска следующих отклонений со стороны здоровья:

- снижение иммунной и антиоксидантной защиты (дефицит селена, цинка, меди);
- развитие латентного анемического синдрома (дефицит железа, кобальта, меди);
- формирование дефицита костной массы (дисбаланс фосфора и кальция в биосистеме «человек–среда обитания», сочетающийся с избытком алюминия и дефицитной направленностью стронция).

2. Степень нагрузки металлами токсического действия (свинец, кадмий, алюминий, никель) в целом значительно не выходит за биологически приемлемые пределы. Однако при их комбинированном поступлении в организм в условиях природного дефицита МЭ антиоксидантного действия активация мембранолитических процессов может наступить при концентрации поллютантов даже ниже критической. Не являясь причиной заболевания, они представляют фон, отягощающий течение патологического процесса.

3. С учетом полученных данных целесообразным является увеличение в рационе питания детей столицы доли продуктов, являющихся максимальным источником микроэлементов антиоксидантного (селен, цинк) и антианемического (кобальт, железо, медь) действия.