

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**СВЯЗЬ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ  
ЧАСТЬ 1  
ТОКСИЧНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ: Al, As, Be, Cd, Hg, Pb, Sn  
CONNECTION BETWEEN MORBIDITY AND MINERAL STATUS  
OF POPULATION IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA  
PART 1  
TOXIC CHEMICAL ELEMENTS: Al, As, Be, Cd, Hg, Pb, Sn**

**А.В. Скальный<sup>1</sup>, А.Р. Грабеклис<sup>1</sup>, В.А. Демидов<sup>2</sup>, М.Г. Скальная<sup>2</sup>, Е.С. Березкина<sup>1</sup>  
A.V. Skalny<sup>1</sup>, A.R. Grabeklis<sup>1</sup>, V.A. Demidov<sup>2</sup>, M.G. Skalnaya<sup>2</sup>, E.S. Berezkina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГУН Институт токсикологии ФМБА России, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> АНО «Центр биотической медицины», Москва

<sup>1</sup> Federal State Scientific Institution «Institute of Toxicology», Federal Medico-Biological Agency, St.Petersburg, Russia

<sup>2</sup> ANO Centre for Biotic Medicine, Moscow, Russia

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** макроэлементы, микроэлементы, анализ волос, заболеваемость, ЦФО

**KEY WORDS:** macro elements, trace elements, hair analysis, morbidity, Central Russia

**РЕЗЮМЕ:** Проведена оценка взаимосвязи между заболеваемостью населения и содержанием токсичных химических элементов в образцах волос на примере областей, входящих в состав Центрального федерального округа РФ. Полученные результаты продемонстрировали не только многочисленные факты отрицательного воздействия тяжелых металлов и мышьяка на состояние здоровья населения, но и необходимость учитывать при оценке выявленных корреляционных связей профессиональный маршрут обследованных.

**ABSTRACT:** Evaluation of the relationship between population morbidity and content of toxic chemical elements in hair samples was carried out on the example of the territories belonging to the Central Federal District of Russia. The obtained results demonstrate not only the numerous facts of the negative effects of heavy metals and arsenic on human health, but also the need to allow for occupational history when evaluating these correlations.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время не вызывает сомнения, что «элементный портрет» человека и состояние его здоровья взаимосвязаны. Ряд исследований, выполненных с использованием многоэлементного анализа волос (Скальный 2000, Скальная, 2005, Лобанова, 2007, Грабеклис, 2009), показали закономерное изменение заболеваемости различными группами болезней при изменении концентрации в волосах химических элементов, как токсичных, так и эссенциальных. Однако все эти работы проводились

на достаточно ограниченном контингенте обследованных, в то время как попыток оценить взаимосвязь между состоянием общественного здоровья и содержанием в волосах химических элементов на уровне крупных административных единиц, несмотря на очевидную актуальность проблемы, не предпринималось. Данное исследование посвящено попытке оценить взаимосвязь между заболеваемостью и элементным составом волос на примере областей, входящих в состав Центрального федерального округа РФ.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для выполнения поставленной задачи был проведен сбор образцов волос с последующим определением в них 25 химических элементов (Al, As, Be, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn).

В общей сложности исследовано 27 171 образец волос, полученных в течение 2004–2010 гг., из них 4794 образца получены у детей в возрасте от 3 до 15 лет (2523 мальчика и 2271 девочка) и 22 378 образцов — у взрослых в возрасте от 25 до 50 лет (15 797 женщин и 6580 мужчин).

Пробоподготовку с использованием системы микроволнового разложения проб (Multiwave 3000, A. Paar) и последующий их анализ методами атомно-эмиссионного (Optima 2000DV, PerkinElmer Corp.) и масс-спектрального (ELAN 9000, Perkin Elmer Corp.) анализов с индуктивно связанной плазмой проводили в соответствии с рекоменда-

пиями МАГАТЭ и «Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами», утв. МЗ СССР (1989 г.) и МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03.

Анализ исследуемых образцов осуществлялся в лаборатории АНО «Центра биотической медицины», Москва (аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, регистрационный номер в Государственном реестре РОСС RU.0001.513118 от 29 мая 2003 г.).

Установление взаимосвязи между заболеваемостью населения и элементным составом волос проводилось с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена между медианами содержания химических элементов в волосах населения областей, входящих в ЦФО и официальными статистическими данными по заболеваемости населения по данным ФГУ «ЦНИИОИЗ Минздравсоцразвития РФ» (2010). Расчеты проводились отдельно для каждой из четырех групп: взрослые мужчины/женщины, дети девочки/мальчики, а также совокупно для всех обследованных (в зависимости от данных по заболеваемости).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенного исследования получены важные данные, отражающие связь между особенностями обмена макро- и микроэлементов и заболеваемости населения ЦФО (см. табл. 1, 2, 3).

Как видно из представленных данных, частота анемий у детей обнаруживает положительную корреляционную связь с содержанием в волосах Cd ( $r = 0,48$ ). Эти данные согласуются с результатами ряда экспериментальных (Скальная, 2004) и клинических работ и могут отражать влияние аккумуляции токсичного химического элемента Cd на кроветворение.

Частота заболеваний нервной системы у населения ЦФО в целом коррелирует с содержанием в волосах As ( $r = 0,57$ ) и Hg ( $r = -0,69$ ). Роль нарушения обмена As в патогенезе многих заболеваний нервной системы, особенно нейродегенеративных, нервно-мышечных, нейросенсорных расстройств описана в литературе (Кудрин и др., 2000), поэтому выявленная взаимосвязь является объяснимой.

Заболеваемость болезнями периферической нервной системы растет по мере накопления в организме взрослых Sn ( $r = 0,49$ ), а у детей — As ( $r = 0,49$ ). При контакте с Sn на производстве описаны случаи полинейропатии. У детей с избытком As выявляется ухудшение слуха.

Частота пневмоний повышается по мере накопления в волосах Be ( $r = 0,56$ , все население,  $r = 0,48$ , взрослые). Важно отметить, что бериллиоз представляет собой саркоидоз легких, поэтому, учитывая наличие в ЦФО, особенно Московской области, бериллиевых производств, роль накопления этого металла в патогенезе поражения легких, видимо, недооценена и бериллиоз не всегда диагностируется.

Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушение обмена веществ положительно коррелируют с показателем содержания в волосах Sn ( $r = 0,51$ , все население).

Частота одного из значимых эндокринных заболеваний — сахарного диабета II типа, как выяснилось в ходе выполнения эпидемиологического обследования населения ЦФО, у взрослых отрицательно коррелирует с содержанием в волосах экотоксикантов Al, Pb и Cd ( $r = -0,50$ ,  $r = -0,48$ ,  $r = -0,63$ ;  $p < 0,05$ ). Связь сахарного диабета II типа с понижением нагрузки техногенными химическими элементами (Al, Pb, Cd) может быть обусловлена как особенностями метаболизма, так и, что нам представляется небезосновательным, относительно низкой долей в числе обследованных больных сахарным диабетом II типа лиц, занятых в производственной сфере, с повышенными физическими нагрузками. Как известно, гиподинамия является одним из факторов, повышающих резистентность периферических тканей к инсулину.

Заболеваемость остеопорозом взрослого населения — важнейшей с социальной точки зрения патологией, — так же как и сахарным диабетом II типа, демонстрирует выраженную отрицательную зависимость от накопления в организме токсичных химических элементов: Sn ( $r = -0,49$ , все взрослые), Pb ( $r = -0,54$ , все взрослые и женщины), Cd ( $r = -0,64$ , все взрослые,  $r = -0,59$ , женщины).

Как нам представляется, установленная отрицательная зависимость между заболеваемостью остеопорозом и накоплением Sn, Pb и Cd, как в случае с сахарным диабетом II типа, может объясняться тем, что остеопороз в основном наблюдается у физически менее активной, не занятой на производстве части населения, проживающей в относительно благоприятных условиях крупных городов, что подтверждает анализ первичной документации по обследованным лицам.

Частота мочекаменной болезни положительно коррелирует с уровнями в волосах взрослого населения Al ( $r = 0,50$ ) и Sn ( $r = 0,51$ ), что вполне сочетается с хорошо известной нефротоксичностью Al (Goyer, 1997; Токсикологическая химия, 2010).

Рост заболеваемости болезнями кожи и подкожной клетчатки у детей сопровождается повышением содержания в волосах Pb ( $r = 0,49$ ), а возрастание встречаемости атопического дерматита — снижением содержания Al ( $r = -0,53$ ), что, исходя из имеющихся данных, объяснить сложно.

Рост числа новообразований у всего населения ЦФО сопровождается повышением содержания в волосах As — канцерогена I класса опасности по классификации МАИР ( $r = 0,50$ ). Кроме того, при болезнях крови и кроветворных органов и при отдельных нарушениях, вовлекающих иммунный механизм, также имеется положительная корреляционная связь с содержанием в волосах As ( $r = 0,52$ , все население), Hg ( $r = 0,51$ , взрослые), и Cd ( $r = 0,51$ , дети). Таким образом, угнетение иммунитета, кроветворения, рост новообразований в той или иной степени могут быть обусловлены избыточным накоплением в организме экотоксикантов и канцерогенов As, Cd, Hg (Hindmarsh, 1999; Панченко и др., 2004; Скальная, 2004; Токсикологическая химия, 2010).

Повышение частоты врожденных аномалий (пороков развития, деформаций и хромосомных

**Таблица 1. Корреляции между медианой содержания химических элементов в волосах и заболеваемостью взрослого населения ЦФО**

Заболевание	Al	As	Be	Cd	Hg	Pb	Sn
Взрослые в целом							
Астма, астматический статус	-	-0,56	-	-	-	-	-
Болезни нервной системы	-	-	-	-	-0,51	-	-
Болезни периферической нервной системы	-	-	-	-	-	-	0,49
Бронхит хронический и неуточненный, эмфизема	-	-	-	-	-0,62	-	-
Сахарный диабет II типа	-0,50	-	-	-0,63	-	-0,48	-
Контактный дерматит	-	-	-	-	-	-	-
Мочекаменная болезнь	0,50	-	-	-	-	-	0,51
Остеопороз	-	-	-	-0,64	-	-0,54	-0,49
Отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	0,54	-	-	-	0,51	-	-
Пневмонии	-	-	0,48	-	-	-	-
Психические расстройства и расстройства поведения	-	0,59	-	-	-	-	-0,53
Сахарный диабет I типа	-0,58	-	-	-	-	-	-
Женщины 25–50							
Остеопороз	-	-	-	-0,59	-	-0,54	-

Примечание: в таблице приведены только достоверные коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ ).

**Таблица 2. Корреляции между медианой содержания химических элементов в волосах и заболеваемостью детского населения ЦФО**

Заболевание	Al	As	Be	Cd	Hg	Pb	Sn
Дети в целом							
Анемии	-	-	-	0,48	-	-	-
Атопический дерматит	-0,53	-	-0,53	-	-	-	-
Болезни кожи и подкожной клетчатки	-	-	-	-	-	0,49	-
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	-	-	-	0,51	-	-	-
Болезни периферической нервной системы	-	0,49	-	-	-	-	-
Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения	-	-	0,48	-	-	-	-
Сахарный диабет I типа	-	-	-	-	-	0,48	-
Девочки 3–15 лет							
Расстройства менструаций	-	-	0,47	-	-0,49	-	-

Примечание: в таблице приведены только достоверные коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ ).

Таблица 3. Корреляции между медианой содержания химических элементов в волосах и заболеваемостью населения ЦФО в целом

Заболевание	Al	As	Be	Cd	Hg	Pb	Sn
Анемии	-	0,50	-	-	-0,52	-	-
Астма, астматический статус	-	-0,47	-	-	-	-	-
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	-	0,52	-	-	-0,50	-	-
Болезни нервной системы	-	0,57	-	-	-0,69	-	-
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	-	-	-	-	-	-	-0,51
Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	-	-	-	-	-0,50	-	-
Бронхит хронический и неуточненный, эмфизема	-	-	-	-	-0,58	-	-
Все болезни	-	-	-	-	-	-	-
Сахарный диабет II типа	-0,50	-	-	0,55	-	-0,56	-
Новообразования	-	0,50	-	-	-	-	-
Пневмонии	-	-	0,56	-	-	-	-
Психические расстройства и расстройства поведения	-	-	-	-	-	-	-0,49
Сахарный диабет I типа	-0,56	-	-	-	-	-	-

Примечание: в таблице приведены только достоверные коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ ).

нарушений) у детей ассоциируется с повышенным накоплением Be ( $r = 0,48$ ,  $p < 0,05$ ) — металл-канцерогена.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют не только многочисленные факты отрицательного воздействия тяжелых металлов и мышьяка на состояние здоровья населения, но и свидетельствуют о необходимости учитывать при оценке выявленных корреляционных связей профессиональный маршрут обследованных. Так, странные и непонятные на первый взгляд отрицательные корреляции между такими широко распространенными заболеваниями, как сахарный диабет II типа и остеопороз, с одной стороны, и рядом токсикантов (Al, Cd, Pb, Sn), с другой, становятся понятными и логичными при анализе профессионального состава обследованных. Фактически в данном случае мы имеем дело с выраженной зависимостью между заболеваемостью и профессией, которая искажает корреляционные связи между содержанием химического элемента и частотой заболеваний.

## ЛИТЕРАТУРА

Грабелкис А.Р. Половые, возрастные и эколого-географические различия в элементном составе волос у детей 7–14 лет, проживающих в различных регионах России. Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.б.н. СПб., 2009. 24 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., Грабелкис А.Р., Кузнецов В.В. Определение химических элементов в биологических средах и пре-

паратах 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.

Лобанова Ю.Н. Особенности элементного статуса детей различных регионов России. Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.б.н. М., 2007. 20 с.

Любченко П.Н., Ревич Б.А., Левченко И.И. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами: Методические рекомендации. М., 1989. 21 с.

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

Скальная М.Г. Влияние экологических факторов и питания на обеспеченность населения мегаполиса химическими элементами — микронутриентами и нагрузки тяжелыми металлами и мышьяком: Автореф. дисс. на соискание уч. степени д.м.н. М., 2004. 42 с.

Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов: Автореф. дисс. на соискание уч. степени д.м.н. М., 2000. 42 с.

Токсикологическая химия. Аналитическая токсикология: Учебник / Еремин С.А., Еремин С.К., Калетин Г.И., Калетина Н.И., Коваленко А.Е., Симонов Е.А., Скальный А.В., Хабриев Р.У. / Под ред. Р.У. Хабриева, Н.И. Калетиной. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 752 с.

Goyer R.A. Toxic and essential metal interactions. // Annu Rev Nutr. 1997, 17:37–50.

Hindmarsh J.T. Arsenic toxicity, an escalating problem // New aspects of trace element research / Ed. by M. Abdulla et al. London: Smith-Gordon & Co Ltd, 1999. P. 48–51.