

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ НАСЕЛЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

### ACCUMULATION OF HEAVY METALS AND TRACE ELEMENTS IN HAIR OF ORENBURG POPULATION

*А.В. Скальный, Е.В. Сальникова, Е.А. Кудрявцева\*, А.С. Кустова*  
*A.V. Skalny, E.V. Salnikova, E.A. Kudryavtseva, A.S. Kustova*

Оренбургский государственный университет  
Orenburg State University, Orenburg, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экология, здоровье, население, металлы, волосы, Оренбургская область.  
KEYWORDS: environment, health, population, metal, hair, Orenburg region.

**РЕЗЮМЕ.** Приведены данные по содержанию металлов в волосах населения в некоторых районах Оренбургской области.

**ABSTRACT.** The article presents data on the content of metals in the hair of the population in some areas of the Orenburg region.

#### ВВЕДЕНИЕ

Стабильность химического состава является одним из важнейших и обязательных условий нормального функционирования организма человека. Недостаток жизненно важных элементов в питьевой воде, промышленное загрязнение окружающей среды токсичными и радиоактивными элементами, неполноценное питание, болезни, некоторые лекарственные средства могут приводить к возникновению заболеваний, в основе которых лежит дефицит, избыток или дисбаланс микроэлементов в организме. Для оценки уровня содержания микроэлементов в организме человека, наряду с такими диагностическими биосубстратами, как кровь, моча, ногти, хорошей информативностью обладают волосы. Исследование волос в последнее время представляет все больший интерес для выявления состояния обмена элементов в организме и токсического воздействия отдель-

ных тяжелых металлов. Волосы являются легкодоступным биологическим материалом, сбор их прост, безболезнен, они могут длительно храниться и пригодны для массовых скрининговых обследований (Скальный и др., 2002).

В волосах происходит концентрирование микроэлементов, в отличие от крови, которая, в основном, выполняет в организме транспортную функцию (Скальный и др., 2002; Методические рекомендации, 1989). Волосы наиболее полно отражают уровень содержания как токсичных (свинец, кадмий, мышьяк и т.д.), так и жизненно необходимых элементов (цинк, селен, железо и т.д.). Микроэлементный состав крови первым реагирует на повышение уровня содержания тяжелых металлов, но может не отражать истинный уровень их содержания в организме. Поэтому важно исследование таких биосубстратов, которые наиболее полно отражают элементный статус во всем организме. В этом отношении наиболее информативными являются волосы.

Исследование микроэлементов в волосах дает возможность выявить наличие патологических процессов на предклинической стадии, что позволяет внести соответствующую корректировку в профилактику заболевания (Шевчук и др., 2002; Дадали и др., 2002; Харисчаришвили, Горгошидзе, 2006).

Поэтому целью исследований является изучение особенностей аккумуляции тяжелых металлов и микроэлементов в волосах населения, прожи-

---

\* Адрес для переписки:  
Кудрявцева Елена Александровна  
E-mail: kudryavtseva.elen@mail.ru

вающих длительное время на территории Оренбургской области.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были отобраны образцы волос у взрослых людей (18–25 лет) долгое время проживающих на территории Оренбургской области. Определение концентраций макро- и микроэлементов в волосах проводилась в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва) с использованием методов атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП и МС-ИСП на приборах ICAP-9000 «Thermo Jarrell Ash», США, Optima 2000 DV «Perkin-Elmer», США) согласно методическим указаниям (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03) (Сетко и др., 2005; Верещагин и др., 2004).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что содержание таких элементов как свинец, мышьяк, бор, кадмий, ртуть, йод, литий, никель и ванадий находится в пределах допустимого уровня во всех исследуемых районах (таблица).

У населения, проживающего в Беляевском районе, обнаружен недостаток цинка, содержание остальных элементов находится в пределах нормы.

Самая неблагоприятная ситуация по дисбалансу микроэлементов наблюдается у жителей Сакмарского и Октябрьского районов. В этих районах избыточное содержание Са, Mg, Co, Cr, Cu, Fe, Si, Sn, Sr и недостаточное содержание селена и цинка. В Оренбургском районе обнаружено превышение по содержанию калия, натрия, магния, стронция и недостаточное количество фосфора и цинка.

Неправильное питание и влияние других неблагоприятных факторов, вследствие которых возникает дефицит соединений фосфора в организме, приводит к частым переломам, разрушению зубов, суставным и костным заболеваниям. Возможно также появление нервных расстройств и болезней кожи. Нехватка элемента в организме приводит к дисфункциям почек и надпочечников, нарушению сердечного ритма и обменных процессов в миокарде, быстрой утомляемости, физическому и эмоциональному истощению, провоцирует возникновение эрозии в слизистых оболочках, снижает скорость заживления ран.

Даже при достаточном поступлении фосфора с продуктами питания может возникнуть дефицит этого элемента в организме. Это может быть вызвано, например, потреблением большого количества газированных напитков, и как следствие, нарушением обмена веществ, избытком в организме

соединений магния, алюминия, кальция. Ломкие и тусклые волосы, сухая кожа – также признаки дефицита калия. У беременных возникают патологии развития плода и осложнения при родах.

Практически во всех районах, за исключением Переволоцкого района, наблюдается значительное увеличение содержания меди, которое может привести к недостатку цинка.

Незначительное количество цинка в окружающей среде приводит к недостатку этого микроэлемента в организме человека, о чем свидетельствуют полученные данные по проведенному анализу волос населения Оренбургской области (норма по содержанию цинка в волосах колеблется от 180 до 230 мкг/г).

При недостатке цинка дети отстают в развитии, страдают гнойничковыми заболеваниями кожи и слизистых оболочек. Дефицит цинка может приводить к усиленному накоплению железа, меди, кадмия, свинца. Недостаток цинка также приводит к бесплодию. При дефиците цинка наблюдается задержка роста, перевозбуждение нервной системы и быстрое утомление. Поражение кожи происходит с утолщением эпидермиса, отеком кожи, слизистых оболочек рта и пищевода, ослаблением и выпадением волос.

В Октябрьском, Илекском и Сакмарском районах наблюдается пониженное содержание селена. Проблема недостатка селена заключается в том, что натуральные продукты не могут обеспечить нас полной дозировкой этого элемента. Так как в растениях селен попадает из почвы, которая на территории России, мягко говоря, не изобилует селеном. К тому же почвы, удобренные различными химикатами, содержат селен в плохо усваиваемой форме.

Содержание кальция в волосах населения Октябрьского, Илекского, Сакмарского и Соль-Илецкого районов превышает допустимый уровень (от  $4732 \pm 710$  мкг/г до  $6349 \pm 952$  мкг/г при норме от 600 до 3000 мкг/г). Кальций трудно усваивается организмом человека. Его усвояемость в значительной степени зависит от сопутствующих ему веществ в составе пищи: отрицательное влияние оказывает избыток фосфора и магния. В таких случаях ограничивается образование усвояемых форм кальция, а образующиеся неусвояемые формы выводятся из организма. Оптимальное усвоение кальция происходит при соотношении кальция и фосфора 1:1,3 и соотношении кальция и магния 1:0,5. Отрицательное влияние на усвояемость кальция оказывает избыток или недостаток жира в суточном пищевом рационе. Избыток кальция может спровоцировать повышение кровяного давления и привести к отложению солей кальция в тканях.

Если марганец находится в избытке (Переволоцкий район), нарушается всасывание железа и появляется возможность получения анемии.

Таблица. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в волосах

Элемент	Содержание элементов в волосах жителей различных районов Оренбургской области, мкг/г							Допустимые уровни	
	Беляевский	Оренбургский	Октябрьский	Илекский	Первоуральский	Сакмарский	Соль-Илецкий	Нижний	Верхний
Al	8,41±1,26	4,79±0,72	24,38±3,66	9,14±1,37	46,81±7,02	22,25±3,34	12,29±1,84	0	40
As	<0,042	<0,042	0,06±0,016	<0,042	0,06±0,016	0,09±0,021	<0,042	0	1
B	2,17±0,32	3,83±0,58	2,16±0,32	1,83±0,27	1,02±0,15	2,09±0,31	1,57±0,23	0	5
Ca	2750±413	2871±431	6349±952	5681±852	2030±305	6033±905	4732±710	600	3000
Mg	188±28	536±80	962±144	649±97	202±30	1173±176	684±103	60	200
Cd	0,02±0,004	0,02±0,006	0,004±10 <sup>-3</sup>	0,09±0,023	0,02±0,004	0,01±0,003	0,009±10 <sup>-3</sup>	0	0,25
Co	0,03±0,008	0,03±0,007	2,27±0,34	0,05±0,012	0,05±0,014	2,19±0,33	0,07±0,016	0,01	0,5
Cr	0,42±0,084	0,98±0,195	3,04±0,46	0,57±0,114	0,41±0,082	3,16±0,47	0,43±0,086	0,15	1
Cu	16,08±2,41	11,08±1,66	22,48±3,37	55,54±8,33	23,42±3,51	22,55±3,38	24,01±3,6	11	17
Fe	29,51±8,85	19,98±5,99	208±52	49,65±14,9	73,46±22,04	185±46	41,92±12,6	10	50
Hg	0,34±0,068	0,1±0,021	0,23±0,047	0,66±0,132	0,52±0,104	0,19±0,037	0,81±0,162	0	2
I	4,77±0,72	5,87±0,88	4,03±0,61	1±0,15	1,48±0,22	4,17±0,63	1,08±0,16	0,3	10
K	21,19±6,36	139±35	62,42±18,8	396±99	117±29	471±118	28,99±8,7	25	110
Li	0,03±0,008	0,03±0,009	0,03±0,007	0,04±0,01	0,05±0,013	0,03±0,007	0,03±0,008	0	0,1
Mn	1,03±0,16	0,58±0,117	0,81±0,163	0,67±0,134	2,48±0,37	0,66±0,131	1,02±0,15	0,25	1,8
Na	93,49±14,02	529±79	149±22	589±88	312±47	910±137	219±33	50	250
Ni	0,59±0,117	0,39±0,078	1,26±0,19	0,89±0,177	0,51±0,103	1,09±0,16	1,51±0,23	0	2
P	166±42	124±31	156±39	111±28	215±54	128±32	177±44	140	170
Pb	0,3±0,061	0,45±0,091	0,86±0,173	1,17±0,18	0,26±0,053	0,83±0,166	0,16±0,032	0	3
Se	0,2±0,04	0,22±0,043	<0,099	<0,099	0,37±0,074	<0,099	0,29±0,059	0,2	1,8
Si	35,4±10,62	38,4±11,52	107±27	66,54±19,9	30,67±9,2	146±37	72,85±21,9	13	50
Sn	0,13±0,027	0,35±0,071	2,53±0,38	3±0,45	0,06±0,015	2,7±0,4	1,18±0,18	0	2,5
Sr	17,99±2,7	39,48±5,92	62,92±9,44	63,51±9,53	13,54±2,03	71,25±10,69	47,49±7,12	0	20
V	0,09±0,023	0,26±0,053	0,1±0,024	0,11±0,021	0,25±0,049	0,08±0,021	0,1±0,021	0	0,3
Zn	148±22	81,75±12,26	25,01±3,75	128±19	250±37	25,47±3,82	76,16±11,4	180	230

Основная роль калия в организме (совместно с натрием) – поддержание функционирования клеточных стенок. Еще одна крайне важная обязанность элемента – сохранение концентрации основного питательного вещества для сердца (магния) и его физиологических функций. При большом количестве соли в пищевом рационе, при дисфункции коры надпочечников, склонности к гипертонии, сахарном диабете, неврозах, при нарушении водно-солевого обмена и выделительной функции почек количество натрия в организме повышается.

Так же важное значение имеет избыток таких элементов как хром у жителей Октябрьского и Сакмарского районах. При избытке хрома также возникает опасность многих заболеваний, прежде всего, риск отравления. Избыток хрома можно получить при его повышенном содержании в воздухе или из-за бесконтрольного приема биодобавок с этим элементом. Однако при нехватке таких элементов, как железо и цинк, избыток хрома тоже возможен, потому что организм в их отсутствие начинает всасывать хром более активно.

Таким образом, жителям Сакмарского и Октябрьского районов необходимо разнообразить свой рацион, употребляя пищу богатую жирами, витаминами и необходимыми микроэлементами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практически всем лицам, проживающим на территории Оренбургской области необходимы продукты питания богатые цинком, селеном фосфором и различными витаминами.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РГНФ № 12-16-56003/12 и Правительства Оренбургской области № 12-16-56003а.

### ЛИТЕРАТУРА

*Скальный А.В., Яцык Г.В., Одинаева Н.Д.* Микроэлементозы у детей: распространенность и пути коррекции. Практическое пособие для врачей. М. 2002. 86 с.

Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. Методические рекомендации. М. 1989. 22 с.

*Шевчук И.А., Алемасова А.С., Рокун А.Н., Шевченко Л.А., Глушкова Е.М., Рафалюк В.В., Шабанова Н.П., Романов С.Н.* Определение макро- и микроэлементов в волосах человека // Вісник Донецького університету. Сер. А: Природничі науки. 2002. В. 1. С. 301–302.

*Дадали В.А., Тананова Г.В., Шановалова Л.М. и др.* Системные продукты здоровья / под ред. В.А. Дадали. М. 2002. 90 с.

*Харисчаршвили И.З., Горгошидзе Б.Е.* Анализ микроэлементного состава волос рентгено-флуоресцентным методом и его значение в деле диагностики заболеваний человека // Экспериментальная и клиническая медицина. 2006. № 7(32). С. 65–67.

*Сетко Н.П., Михайлов А.Н., Боев В.Н.* Зависимость между микроэлементным составом волос у рабочих и концентраций металлов в воздухе селитебной территории района размещения медеплавильного производства // Вестник ОГУ. Приложение: Биология и медицина. 2005. № 5. С. 138–139.

*Верещагин Н.Н., Лесцова Н.А., Боев В.М., Макарова Т.М., Сизова Г.В.* // Биоэлементы: материалы I междунар. науч.-практ. конф. (Оренбург. 17–19 июня 2004 г.). Оренбург. 2004. С. 256–258.