

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЛОСАХ ЧЕЛОВЕКА

Н.П. Матвейко, С.К. Протасов, В.В. Садовский

УДК 546.3:543.253

### РЕФЕРАТ

*Определено содержание тяжелых металлов в волосах человека различной возрастной группы. Установлено, что во всех проанализированных образцах волос присутствуют цинк, свинец, ртуть и медь в количествах, мкг/г: 19 – 64; 0,37 – 1,91 и 1,93 – 9,63 соответственно. В образцах волос курящих людей обнаружен также кадмий. Содержание кадмия, свинца и ртути во всех исследованных образцах волос не превышает референсные значения. Отмечено, что в образцах волос всех изученных возрастных групп жителей г. Минска содержание микроэлементов цинка и меди меньше нижнего предела нормы, что может быть обусловлено особенностями используемых в пищу продуктов питания.*

### ABSTRACT

*The content of Zn, Cd, Pb, Cu and Hg in human hair specimen of different age groups by stripping voltametry method is determined.*

Обязательным условием нормального функционирования организма человека является стабильность его химического состава. Отклонения в содержании химических элементов, вызванные различными факторами, приводят к нарушению в состоянии здоровья человека. В последние годы все больший интерес для выявления состояния обмена элементов в организме человека и влияния тяжелых металлов представляет исследование волос человека. Волосы являются наиболее доступным субстратом человека для подобного рода исследований, отбор их проб прост и безболезнен. Тяжелые металлы, попавшие в волосы во время роста, не удаляются из них в дальнейшем. Состав волос достаточно полно отражает содержание тяжелых металлов в организме человека [1, 2].

Референсные (средние) значения содержания элементов, в том числе и тяжелых металлов, в волосах человека в различных литературных источниках неодинаковы [3 – 5]. Наиболее полное сведения о референсных значениях содержания элементов в волосах человека приведены в работе [3]. В частности, интервалы референсных значений содержания некоторых микроэлементов и токсичных элементов в волосах человека

следующие (мкг/г): цинк 120,00 – 250,00; медь 10,00 – 30,00; кадмий 0,00 – 0,102; свинец 0,20 – 5,00; ртуть 0,01 – 2,00.

Цель данной работы – определить содержание тяжелых металлов *Zn, Cd, Pb, Cu* и *Hg* в волосах жителей г. Минска.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для исследования образцы волос массой 0,1 – 0,2 г состригали с затылочной части головы на всю длину. Пробу волос обрабатывали ацетоном, промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе. Подготовку каждой пробы волос проводили методом мокрой минерализации с использованием двухкамерной программируемой печи ПДП – 18М. Каждую пробу обрабатывали концентрированной азотной кислотой и 30 %-ным раствором пероксида водорода и выпаривали при температуре 130 °С. Затем пробы озоляли при температуре 450 °С в течение 30 минут. Обработку проб концентрированной азотной кислотой, 30 %-ным раствором пероксида водорода, выпаривание и озоление проводили несколько раз до получения однородной золы серого цвета. Зола растворяли в 1 мл концентрированной муравьиной кислоты, после чего объем раствора доводили дважды

перегнанной водой (бидистиллятом) до 10 мл. Для анализа отбирали аликвоты объемом 0,3 – 0,5 мл и разбавляли фоновым электролитом до 10 мл.

Содержание *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом марки ТА-4. Индикаторным электродом служила амальгамированная серебряная проволока, электродом сравнения и вспомогательным электродом – хлорсеребряный электрод. Условия проведения анализа и состав фонового электролита определяли отдельными исследованиями. Установлено, что электрохимическую очистку индикаторного электрода целесообразно осуществлять в течение 20 с попеременной анодной и катодной поляризацией при потенциале +100 и –1150 мВ соответственно. Накопление металлов на поверхности индикаторного электрода при потенциале –1350 мВ в течение 20 – 40 с (время зависит от концентрации металлов в растворе). Успокоение раствора при потенциале –1120 мВ в течение 10 с, а развертка потенциала со скоростью 80 мВ/с на фоне 0,37 М водного раствора муравьиной кислоты.

Определение *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* проводили методом добавок с использованием стандартного раствора, содержащего по 2 мг/л каждого металла, который готовили на основе государственных стандартных образцов (ГСО) и бидистиллята. Расчет концентрации тяжелых металлов в пробах выполняли с помощью специализированной компьютерной программы «VALabTx».

Содержание ртути определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом марки АВА-3 с применением вращающегося пирографитового индикаторного электрода, хлорсеребряного электрода сравнения и платинового вспомогательного электрода. Анализ проб волос на содержание ртути выполняли, используя условия, описанные в работе [6], на фоне 0,2 М раствора серной кислоты, содержащего 0,1 моль/л нитрата калия. Скорость развертки потенциала 5 В/с. Содержание ртути в ячейке определяли методом добавок с использованием стандартного раствора ртути, приготовленного из ГСО и бидистиллята.

Каждую пробу на содержание *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* анализировали не менее 4 раз.

Все результаты обрабатывали методом математической статистики, рассчитав относительные стандартные отклонения (*Sr*) и интервальные значения ( $\pm\Delta x$ ) содержания *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* в волосах.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены типичные вольтамперные кривые, зарегистрированные при определении *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* в пробах волос человека.

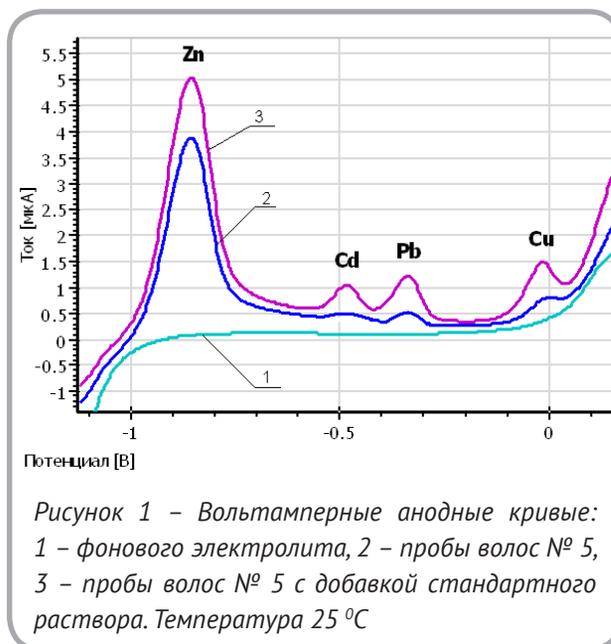
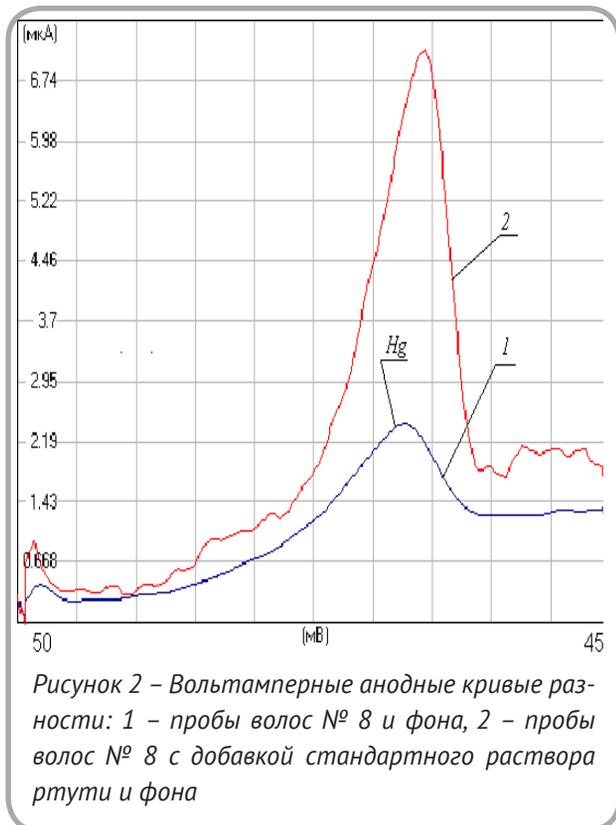


Рисунок 1 – Вольтамперные анодные кривые: 1 – фонового электролита, 2 – пробы волос № 5, 3 – пробы волос № 5 с добавкой стандартного раствора. Температура 25 °С

Из рисунка 1 видно, что на вольтамперной кривой фона отсутствуют пики, обусловленные окислением веществ, что свидетельствует о чистоте фонового электролита. На вольтамперной кривой пробы образца волос № 5 имеется четыре пика при потенциалах –850; –470; –340; –20 мВ, которые относятся к процессам анодного окисления *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* соответственно. При введении в раствор добавки стандартного раствора пики тока окисления *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* пропорционально возрастают, что видно на вольтамперной кривой пробы с добавкой (кривая 3). Подобное характерно и для вольтамперных кривых, зарегистрированных для образцов волос №№ 8 и 9. Для других исследованных образцов волос на вольтамперной кривой пробы отсутствует пик тока окисления кадмия, который появляется на вольтамперной кривой пробы с добавкой стандартного раствора, что свидетельствует об отсутствии в пробах этих образцов волос кадмия.

На рисунке 2, как пример, приведены

вольтамперные кривые разности пробы образца волос № 8 и фона (кривая 1), а также вольтамперные кривые разности этой пробы с добавкой стандартного раствора ртути и фона



(кривая 2).

Видно, что на зарегистрированных при определении ртути вольтамперных кривых наблюдается лишь один пик при потенциале +315 мВ, который обусловлен анодным окислением Hg. Причем введение добавки стандартного раствора ртути приводит к возрастанию пика окисления ртути (кривая 2). Аналогичные вольтамперные кривые при определении ртути получены для всех исследованных образцов волос человека.

На основании совокупности вольтамперных кривых, зарегистрированных для всех изученных образцов волос, рассчитано содержание тяжелых металлов в 1 г каждой пробы волос.

Результаты исследований и их статистической обработки представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что во всех исследованных образцах волос содержание цинка меньше нижнего предела физиологической нормы – 120,0 мкг/г. Кадмий в незначительных количествах (не превышают норму 0,102 мкг/г) обнаружен лишь в трех образцах исследованных волос № 5, № 8 и № 9, которые принадлежат курящим субъектам.

Из таблицы также видно, что во всех исследованных образцах волос содержится свинец в ко-

Таблица – Содержание Zn, Cd, Pb, Cu и Hg в образцах волос человека

№ пробы/ возраст, лет	Содержание металла, мкг/г волос									
	Zn	S <sub>p</sub> , %	Cd	S <sub>p</sub> , %	Pb	S <sub>p</sub> , %	Cu	S <sub>p</sub> , %	Hg	S <sub>p</sub> , %
1/70	23±0,3	0,8	-	-	1,31±0,03	1,5	2,91±0,05	1,1	0,07±0,003	2,7
2/66	36±0,4	0,7	-	-	1,36±0,03	1,4	2,12±0,03	0,9	0,05±0,002	2,5
3/63	64±0,5	0,5	-	-	1,22±0,02	1,0	3,22±0,06	1,2	0,06±0,002	2,1
4/60	21±0,3	0,9	-	-	1,47±0,03	1,3	3,35±0,06	1,1	0,04±0,002	3,1
5/56	30±0,3	0,6	0,014±0,001	4,5	1,91±0,04	1,3	8,82±0,12	0,9	0,18±0,005	1,8
6/36	68±0,5	0,5	-	-	1,23±0,02	1,0	4,43±0,07	1,0	0,04±0,002	3,1
7/31	33±0,3	0,6	-	-	1,41±0,03	1,3	9,63±0,13	0,8	0,04±0,002	3,1
8/23	20±0,3	0,9	0,007±0,0007	6,2	1,71±0,04	1,5	1,93±0,03	1,0	0,15±0,005	1,9
9/21	19±0,3	1,0	0,020±0,002	6,2	1,62±0,03	1,2	8,62±0,12	0,9	0,14±0,004	1,9
10/12	37±0,4	0,7	-	-	0,53±0,01	1,2	3,31±0,06	1,1	0,02±0,001	3,1
11/7	42±0,4	0,6	-	-	0,37±0,01	1,7	3,64±0,06	1,0	0,02±0,001	3,1
Норма [3]	120-250	-	0,00-0,102	-	0,20-5,00	-	10-30	-	0,01-2,00	-

личествах от 0,37 до 1,91 мкг/г, что не превышает физиологическую норму 5,00 мкг/г [3]. При этом наименьшее количество свинца характерно для образцов волос детей (№ 10 и № 11) и составляет 0,53 и 0,37 мкг/г соответственно. Содержание свинца в образцах волос курящих субъектов (№№ 5, 8, 9) примерно в 1,5 раза выше, чем у некурящего человека.

В волосах курящих людей (образцы волос №№ 5, 8, 9) характерно также более высокое содержание ртути, однако во всех исследованных образцах волос ее количество не превышает референсные значения 2 мкг/г.

Во всех исследованных образцах волос обнаружена медь. Ее количество колеблется в интервале 1,93 – 9,63 мкг/г, при этом для всех образцов оно ниже физиологической нормы 10 мкг/г.

## ВЫВОД

Таким образом, исследования содержания тяжелых металлов в волосах жителей г. Минска разной возрастной группы показали, что количество *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* и *Hg* практически не зависит от возраста человека. Исключение составляет лишь свинец, содержание которого в образцах волос детей в 3 и более раз меньше, чем у взрослого человека. Следует также отметить, что кадмий обнаружен только в образцах волос курящих людей (№№ 5, 8, 9). В волосах этих же людей отмечается и более высокое содержание свинца и ртути. Кроме того, исследования показали, что в образцах волос всех изученных возрастных групп жителей г. Минска содержание микроэлементов цинка и меди меньше нижнего предела нормы, что может быть обусловлено особенностями используемых в пищу продуктов питания.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горгошидзе, Б. Е. Вопросы медицинской элементологии и значения определения микроэлементов в биосубстратах для диагностики и профилактики заболеваний репродуктивной системы / Б. Е. Горгошидзе, И. З. Харисчаришвили // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2006. – № 6. – С. 60–63.
2. Харисчаришвили, И. З. Анализ микроэлементного состава волос рентгено-флуоресцентным методом и его значение в деле диагностики заболеваний человека / И. З. Харисчаришвили, Б. Е. Горгошидзе // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2006. – № 7. – С. 65–67.
3. Комплексный анализ волос на наличие тяжелых металлов и микроэлементов (23 показателя) (волосы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.smed.ru/guides/66843/>. Дата доступа: 21.05.2013.
4. Скальный, А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС / А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – Вып. 1. – С. 55–56.
5. Скальный, А. В. Микроэлементы у детей: распространенность и пути коррекции. Практическое пособие для врачей / А. В. Скальный, Г. В. Яцык, Н. Д. Одинаева. – Москва, 2002. – 86 с.
6. Хустенко, Л. А. Экспресс-определение ртути в природных водах методом инверсионной вольтамперометрии на углеродном электроде, модифицированном золотом / Л. А. Хустенко, Л. Н. Ларина, Б. Ф. Назаров // Журн. аналит. химии. – 2003. – Т. 58. – № 3. – С. 297–216.

Статья поступила в редакцию 17.06.2013 г.