

УДК 543.62, 574.5

## КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА

<sup>1)</sup> Оспанова Ж.А., <sup>2)</sup> Кабдрахманова С.К., <sup>3)</sup> Троеглазова А.В., <sup>1)</sup> Зайнелова Г.З.,  
<sup>1)</sup> Павленко А.В., <sup>1)</sup> Вноровская Е.В.

<sup>1)</sup> *Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан*

<sup>2)</sup> *Институт полимерных материалов и технологий, Алматы, Казахстан*

<sup>3)</sup> *Алтайский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», Усть-Каменогорск, Казахстан*

В данной статье человеческие волосы рассматриваются в качестве биоиндикаторов степени уровня загрязнения окружающей среды токсичными металлами. Согласно проведенным ранее исследованиям, установлено, что продолжительность жизни человека и его трудовая деятельность непосредственно вблизи источников загрязнения влияет на уровень концентрации в его организме тяжелых металлов. Содержание тяжелых металлов в волосах обычно отражает их содержание в других тканях тела [1]. В представленном исследовании были отобраны пробы волос у работников танталового производства АО «Ульбинский металлургический завод». Исследования проводились по отработанной методике [2]. Концентрации токсичных элементов (Ni, Cu, Pb, Cd) определены с помощью атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915 (ООО «Льюмэкс», Россия). Сделаны предварительные выводы о зависимости содержания некоторых токсичных элементов в тканях волос работников от продолжительности их трудовой деятельности на вредном танталовом производстве.

### ВВЕДЕНИЕ

Рост и состояние волос контролируется системой кровообращения, потоотделения, гормонами и ферментами, а также генетическими факторами и в определенной степени являются характерными показателями физиологических процессов, протекающих в организме. Изменения внешнего вида и химического состава волос являются видимыми признаками недостатка или наличия определенных веществ в организме, поэтому они были выбраны для мониторинга воздействия состояния окружающей среды на человека. Для сравнения, кровь и моча показывают только текущее или недавнее состояние организма и его частей [3]. По сравнению с другими материалами, используемыми для проведения биопсии, волосы имеют различные применения и даже преимущества в отличие от жидкостей организма, таких как пот, кровь и моча и др. Многие особенности волос, такие как безболезненное удаление, легкий сбор и транспортировка, высокая стабильность при комнатной температуре и относительно более высокая концентрация элемента по сравнению с другими жидкостями и тканями организма, делают их подходящим материалом для проведения лабораторных анализов [4]. С другой стороны, анализ волос имеет некоторые ограничения, вызванные появлением экзогенного загрязнения, такого как пыль, косметические или фармацевтические продукты, что способствует дифференциальному увеличению общего содержания различных элементов [5].

В литературе приводится большое количество сообщений о содержании микроэлементов в образцах волос жителей разных городов [6], однако данные о содержании тяжелых металлов, относящихся к разряду экотоксикантов, в волосах жителей круп-

ных промышленных центров (в т.ч. г. Усть-Каменогорск), отсутствуют.

Цель настоящего исследования заключается в определении зависимости концентрации тяжелых металлов в волосах (а следовательно, и во всем организме) работников АО «УМЗ» от продолжительности работы в непосредственной близости к вредному танталовому производству.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы волос отбирали у работников танталового производства АО «Ульбинский металлургический завод». Пробоотбор производили с 3–4 участков затылочной части головы, масса навески составляла от 0,5 г до 1 г. Образцы объединяли в одну пробу массой 0,3–0,5 г. Исследуемые образцы обрабатывали ацетоном с целью удаления поверхностного загрязнения. Навеску исследуемых образцов волос массой 0,5 г помещали в фарфоровые чашки, добавляли смесь азотной и хлорной кислот квалификации «осч» и «хч» соответственно (1:1) и выдерживали при комнатной температуре в течение 24 часов. По истечении указанного времени содержимое фарфоровых чашек выпаривали на песчаной бане досуха при температуре 50 °С, смачивали 1–2 мл дистиллированной воды. Чашки нагревали в течение 5 мин на электрической плитке, контролируя температуру термометром на уровне 50 °С. После охлаждения исследуемые растворы отфильтровывали через обеззоленный фильтр «синяя лента». В приготовленных растворах определяли содержание Ni, Cu, Pb, Cd с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 (ООО «Льюмэкс», Россия). Градуировку спектрометра осуществляли по градуировочным растворам, приготовленным из стандартных образцов ГСО со-

става растворов ионов никеля (ГСО 7265-69), меди (ГСО 7255-96), свинца (ГСО 7012-93) и кадмия (ГСО 7472-98) с концентрацией 1 мг/см<sup>3</sup>.

Полученные данные классифицировали по 10-ти половозрастным группам. 42 проанализированных образца принадлежат 35 мужчинам и 7 женщинам в возрасте от 25 до 65 лет, входящим в группу зрелого возраста 1 и 2 периодов согласно разработанной классификации. Собранные информация упорядочена в электронную базу данных. Данные по содержанию тяжелых металлов 42 проанализированных образцов волос усреднены по группам продолжительности работы на танталовом производстве и приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов (Ni, Cu, Pb, Cd) по группам продолжительности работы на танталовом производстве в сравнении с биологически допустимым уровнем (БДУ)

Срок работы	Среднеарифметическое значение массовой концентрации, мкг/г			
	медь	никель	свинец	кадмий
5–10 лет	2,52*	0,05*	0,06*	0,07
10–20 лет	13,83	0,61**	0,23*	0,12
20–30 лет	24,12**	0,82**	0,45	0,15**
30–40 лет	33,91**	1,03**	0,54	0,30**
БДУ	9,0–14,0	0,14–0,53	0,38–1,40	0,02–0,12

\* – пониженный уровень, \*\* – повышенный уровень.

Согласно средним значениям содержания всех исследуемых тяжелых металлов в волосах (таблица 1), наблюдается увеличение концентрации в группах с большим стажем работы на рассматриваемом производстве. При этом стоит отметить, что наблюдается резкое увеличение концентрации меди, свинца и никеля в период первых 10 лет работы на танталовом производстве, тогда как рост концентрации кадмия стабилен. Это может быть обусловлено как индивидуальными особенностями накопления и выведения различных металлов из организма человека, так и внешними факторами, в т.ч. объемами выбросов на предприятиях города. После завершения химических анализов оставшихся образцов планируется более детальное рассмотрение основных факторов и источников загрязнения и сопоставление результатов с уровнями БД города Усть-Каменогорска и предприятий. Проведено сравнение средних концентраций с биологически допустимыми уровнями (БДУ) по отдельным металлам [7]. Результаты по группе исследуемых со стажем работы 5–10 лет показали низкое или в пределах нормы содержание всех рассматриваемых элементов, тогда как в группе 10–20 лет уже заметно значительное превышение от нормы никеля. В группах 20–30 лет и 30–40 лет содержание меди, никеля и кадмия в волосах значительно превышает норму. Содержание свинца по текущим результатам нормы не превысила ни для одной группы исследуемых.

Построены графики зависимости концентрации кадмия, меди, никеля, свинца в волосах работников танталового производства АО «УМЗ» от продолжительности их работы в данном подразделении (см. рисунок).

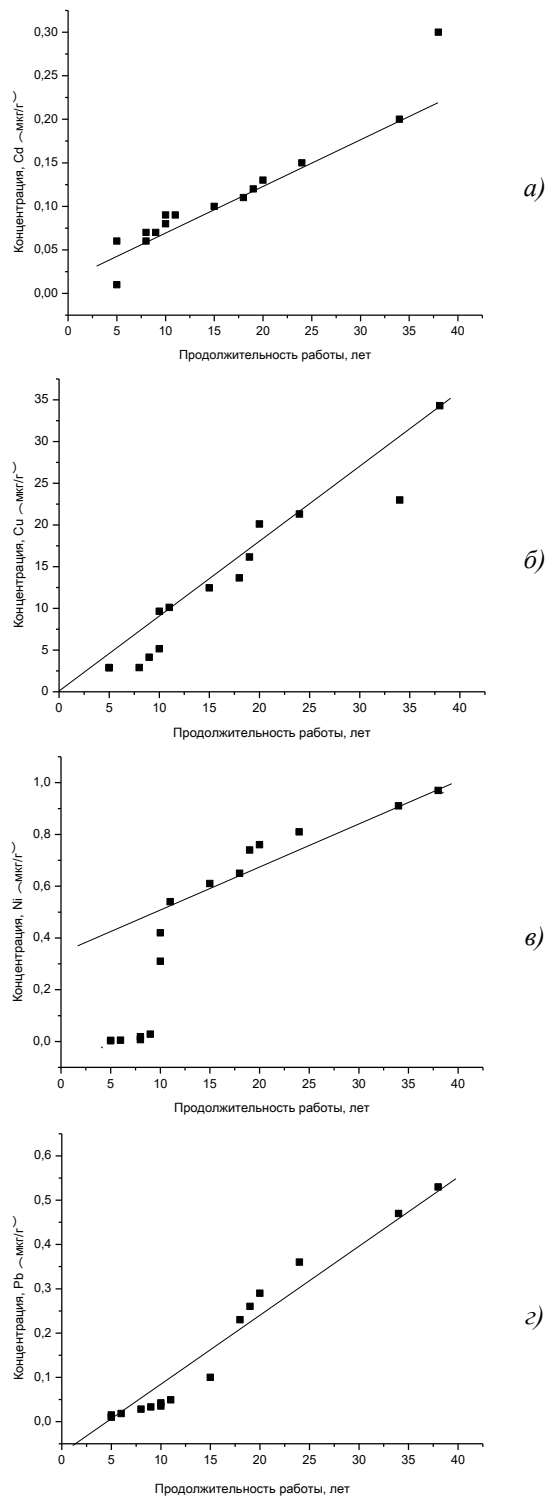


Рисунок. Графики зависимости концентрации кадмия (а), меди (б), никеля (в), свинца (г) от продолжительности работы на танталовом производстве АО «УМЗ»

На всех построенных графиках достаточно четко прослеживается зависимый рост концентрации с увеличением стажа работы на производстве. Отклонения от средних значений, показанных на линии тренда, также могут быть обусловлены различными внутренними факторами (особенности организма, различный возраст и длительность проживания в городе Усть-Каменогорске), так и внешними (нерегулярность и различные объемы выбросов в окружающую среду исследуемых элементов, особенностями распространения загрязняющих веществ и др.).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции по зависимости концентрации Cd, Cu, Ni, Pb от продолжительности работы на танталовом производстве

Элементы	Коэффициент корреляции
Cd	0,96
Cu	0,97
Ni	0,89
Pb	0,96

Корреляционный анализ результатов химических испытаний показал прямую зависимость показателей концентрации загрязняющих веществ от стажа работы на данном производстве. Как видно из таблицы 2, прямая зависимость концентрации Cd, Cu, Ni, Pb от продолжительности работы на танталовом производстве АО «УМЗ» подтверждается высокими значениями коэффициента корреляции по каждому исследуемому элементу, что свидетельствует о

сильной корреляционной связи между изучаемыми параметрами.

Однако, стоит отметить, что необходимо провести корреляционный анализ после завершения химических анализов остальных образцов для получения более точного представления о характере и связи этих двух показателей.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По предварительным данным сделан вывод о прямой зависимости концентрации ряда тяжелых металлов от продолжительности работы в непосредственной близости от вредного производства. Необходимо отметить, что данный вывод необходимо дополнительно проверить по завершению проведения химических анализов других образцов, а также планируется рассмотреть комплексное влияние других внешних факторов, таких как продолжительность жизни в г. Усть-Каменогорске (крупном промышленном центре), особенностями накопления отдельных элементов организмом человека и др. Цель работы была достигнута, однако требуется продолжить исследования в данном направлении для подтверждения полученных результатов, выявления факторов загрязнения и их комплексного влияния, проведения сравнений с БД уровнями и определения возможности использования волос в качестве биоиндикаторов загрязнения не только человеческого организма, но и окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Crown Copyright © 2015 Published by Elsevier Ltd. All rights reserved. Distribution of uranium, thorium and some stable trace and toxic elements in human hair and nails in Niska Banja Town, a high natural background radiation area of Serbia (Balkan Region, South-East Europe). S.K. Sahoo, Z.S. Zunicb, R. Kritsanuwata, P. Zagrodzki, P. Bossew, N. Veselinovic, S. Mishra, H. Yonehara, S. Tokonami 66 p.
2. Методические указания по спектральным методам определения микроэлементов в объектах окружающей среды и биоматериалах при гигиенических исследованиях. Юдина Т.В., Гильденскиольд Р.С., Егорова М.В., Кагиров В.Н., Анисимова З.А. 20 января 1987 г. N 42-46-87.
3. Dongarra et al., 2011; Gault et al., 2008; Olabanji et al., 2005.
4. Science Direct Journal of Environmental Radioactivity: 145 (2015) 66e77 (Li et al., 2012; Moreda et al., 2007; Rodrigues et al., 2008; Rodushkin and Axelsson, 2000 Samanta et al., 2004; Were et al., 2008.
5. Coelho et al., 2012; Frisch and Schwartz, 2002; Varrica et al., 2014.
6. Изучение содержания тяжелых металлов в волосах работников горно-обогатительного комбината г. Сибай. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С. Вестник ОГУ №6/июнь 2009. С. 506–508.
7. Скальная М.Г., Демидов В.А., Скальный А.В. О пределах физиологического (нормального) содержания Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu в волосах человека // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4, Вып. 2. С. 5–10.

**ӨСКЕМЕН ҚАЛАСЫ ТҰРҒЫНДАРЫНЫҢ ШАШЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛЛДАР  
МӨЛШЕРІН БАҚЫЛАУ**

<sup>1)</sup> Ж.А. Оспанова, <sup>2)</sup> С.К. Кабдрахманова, <sup>3)</sup> А.В. Троеглазова, <sup>1)</sup> Г.З. Зайнелова,  
<sup>1)</sup> А.В. Павленко, <sup>1)</sup> Е.В. Вноровская

<sup>1)</sup> *С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан Мемлекеттік университеті, Өскемен, Қазақстан*

<sup>2)</sup> *Полимерлі материалдар мен технологиялардың институты, Алматы, Қазақстан*

<sup>3)</sup> *«Қазақ балық шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алтай филиалы, Өскемен, Қазақстан*

Адамның шашын қоршаған ортаның улы металлдармен ластану дәрежесінің биоиндикаторы ретінде қарастыруға болады. Бұрынғы зерттеулерге сәйкес, адамның өмір сүру ұзақтығы және оның еңбек өтілі ластану көздеріне жақын жерде ауыр металлдардың концентрациялық деңгейіне тікелей әсер етеді. Шаштағы ауыр металдың мөлшері олардың денедегі басқа да тіндердегі мөлшерін көрсетеді [1]. Ұсынылған зерттеуде «Үлбі металлургия зауыты» АҚ-ның тантал өндірісі жұмысшыларының шаш үлгілері іріктелінді. Зерттеу сыналған әдістемелік нұсқаулықпен жүзеге асырылды [2]. Улы элементтердің (Ni, Cu, Pb, Cd) концентрациясы атомды-абсорбциялық спектроскопия (АҚҰ «Люмэкс», Ресей) көмегімен анықталды. Жұмысшылардың шаш тініндегі улы металлдардың үлесі зиянды тантал өндірісінде жұмыс жасаған уақытына тәуелділігіне алдын ала қорытындылар жасалды.

**CONTROL OF HEAVY METALS CONTENT IN THE HAIR OF THE PEOPLE  
OF THE CITY OF UST-KAMENOGORSK**

<sup>1)</sup> Zh.A. Ospanova, <sup>2)</sup> S.K. Kabdrakhmanova, <sup>3)</sup> A.V. Troeglazova, <sup>1)</sup> G.Z. Zainelova,  
<sup>1)</sup> A.V. Pavlenko, <sup>1)</sup> E.V. Vnorovskaya

<sup>1)</sup> *S. Amanzholov East Kazakhstan State University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

<sup>2)</sup> *Institute of Polymer Materials and Technologies, Almaty, Kazakhstan*

<sup>3)</sup> *Altaysky branch of LLP "Kazakh Scientific Research Institute of Fisheries", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

In this article, human hair is regarded as a bio-indicator of the toxic metals pollution degree of the environment. According to earlier studies, it is established that the life expectancy of a person and his work activity directly near the sources of pollution affect the level of heavy metals concentration in his body. The content of heavy metals in hair usually reflects their content in other tissues of the body [1]. In the presented study, hair samples were taken from workers of tantalum production of JSC Ulba Metallurgical Plant. Studies were conducted according to the established method [2]. Concentrations of toxic elements (Ni, Cu, Pb, Cd) were determined with the help of the atomic absorption spectrometer MGA-915 (JSC Lumeks, Russia). Preliminary conclusions are drawn about the dependence of the content of certain toxic elements in the hair tissues of workers on the duration of their labor activity on harmful tantalum production.