

© С. А. Мусабекова, 2018

УДК 340.6:611.781

С. А. Мусабекова

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОЛОС КАК ИНДИКАТОР ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Кафедры патологии Карагандинского государственного медицинского университета (Караганда, Казахстан)

Одной из особенностей урбанизированных территорий является антропогенное воздействие на окружающую среду, характеризующееся интенсивным изменением естественного геохимического фона. Химические соединения, поступающие в природную среду в результате производственной деятельности человека, включаются в естественные циклы круговорота веществ и способны накапливаться не только в объектах окружающей среды, но и в организме человека. Одним из объективных показателей эколого-гигиенического благополучия территории является микроэлементный статус населения, при этом наибольший интерес для выявления состояния обмена микроэлементов в организме и токсического воздействия отдельных тяжелых металлов на организм представляют волосы человека. С целью расширения идентификационных возможностей при проведении судебно-медицинской экспертизы по отождествлению личности неизвестных и скелетированных тел было проведено исследование 1 138 жителей различных регионов Карагандинской области (624 женщины и 514 мужчин в возрасте 25-50 лет) и 217 трупов с использованием многоэлементного анализа волос методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. В результате выявлены особенности элементного статуса взрослого населения региона, характеризующего район его постоянного проживания в Карагандинской области. Полученные данные могут быть использованы в качестве критериев сравнения для решения ряда важных идентификационных задач в судебно-медицинской практике или референсных значений содержания химических элементов в волосах взрослого населения Карагандинской области.

*Ключевые слова:* судебно-медицинская экспертиза, волосы, микроэлементный состав, идентификация человека

Взаимосвязь состояния среды обитания человека, ее химического состава с показателями здоровья и качества жизни хорошо известна [1]. Одним из перспективных направлений современной медицины является изучение элементного «портрета» населения отдельных биогеохимических регионов и профессиональных групп с целью научной разработки и внедрения мероприятий по устранению выявленных микроэлементозов [2]. Определение элементов в биологических средах в последнее время часто используется в различных видах исследований, актуально оно и при проведении судебно-медицинских исследований по идентификации личности [5]. Анализ литературы свидетельствует, что на сегодняшний день при проведении идентификации человека комплексно используются различные морфологические методы, в то время как другие подходы (биологические, гистологические, спектральные, молекулярно-генетические) применяются, в основном, в случае отсутствия результата при анатомо-морфологических и остеометрических исследованиях или в отношении «сложного» биологического материала [9]. Вместе с тем для установления личности активно развиваются и другие подходы в исследовании биологического трупного материала, которые позволяют идентифицировать личность со значительно меньшими матери-

альными и трудозатратами [5, 8]. К таким методам относятся спектральные методы исследования, позволяющие диагностировать ряд медико-биологических признаков человека, на основе результатов элементного анализа волос. Анализ одного волоса может показать, откуда человек родом и где он бывал до этого момента, что дает возможность отслеживать перемещение человека или идентифицировать место его проживания. Одним из перспективных направлений современной судебной медицины является изучение элементного «портрета» населения отдельных биогеохимических регионов и профессиональных групп с целью научной разработки и внедрения мероприятий по созданию дополнительных признаков при идентификации человека в судебно-медицинской практике, особенно при опознании трупов неизвестных, когда возникает ряд трудностей при идентификации, связанных с проблемами отсутствия материала для сравнения.

Тенденция повышения загрязненности атмосферного воздуха приобретает все более масштабный характер, что особенно заметно в промышленных регионах, где сконцентрированы так называемые грязные производства [4]. Центральный Казахстан – один из ведущих индустриальных регионов республики, представляющий собой территориально-производственный комплекс с развитой тяжелой

промышленностью – это угледобывающие, металлургические и химико-машиностроительные производства. В основе территориально-промышленного комплекса лежат четыре промышленных узла – Карагандинский, Темиртауский, Балхашский и Жезказганский. Здесь функционирует промышленность, специализирующаяся на производстве энергоемкой и материалоёмкой продукции черной и цветной металлургии, добыче угля и руд ряда ценных полезных ископаемых. Также представлены предприятия машиностроения, химической промышленности, производства строительных материалов, легкой, пищевой и других отраслей. В 2016 г. в атмосферу Карагандинской области было выброшено 593 тыс. тонн вредных веществ, что составляет 26,1% всего объёма по Казахстану. В 2017 г. выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в Карагандинской области составили 598,7 тыс. тонн, что выше уровня предыдущего года на 1%. Из общего объема выброшенных в атмосферный воздух загрязняющих веществ 80% составили газообразные и жидкие вещества, 20% – твердые. Основные объемы загрязняющих веществ были сформированы на территориях Темиртау (257,2 тыс. тонн), Балхаша (88,8 тыс. тонн), Абайского района (71,4 тыс. тонн), Караганды (55 тыс. тонн) и Жезказгана (52,1 тыс. тонн), что в первую очередь сказывается на состоянии окружающей среды. Общеизвестно, что наиболее сильно загрязняет воздух промышленное производство. Источники загрязнений – теплоэлектростанции, которые вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ; металлургические предприятия, особенно цветной металлургии, которые выбрасывают в воздух окислы азота, сероводород, хлор, фтор, аммиак, соединения фосфора, частицы и соединения ртути и мышьяка; химические и цементные заводы. Наиболее загрязненную воздушную среду от стационарных источников имеют города: Темиртау (348,3 тыс. тонн), Балхаш (718,7 тыс. тонн), Жезказган (137,9 тыс. тонн) и Караганда (59,2 тыс. тонн) [4].

Однако изменение содержания элементов в биопробах отражается в изменении концентрации, которая очень мала. Для определения малых концентраций химических элементов в волосах человека необходимо применение не только высокочувствительных инструментальных методов анализа, но и стандартизированных образцов сравнения для адекватной оценки результатов [10]. В связи с

чем метод масс-спектропии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), представляющий сочетание низких пределов обнаружения, высокой чувствительности и селективности получает все большее распространение для определения элементов в биомедицинских образцах [6]. Он позволяет одновременно определять в одной пробе содержание макро-, микро- и ультрамикроэлементов, что очень важно при оценке взаимодействия и взаимовлияния одних элементов с другими в организме человека. Несомненными достоинствами метода ИСП-МС являются его высокая чувствительность и избирательность, надежность современного оборудования, простота и точность калибровки по общедоступным стандартизированным образцам, относительная свобода от взаимных физических и химических влияний при анализе.

**Цель работы** – оценка среднего содержания химических элементов в волосах людей, проживающих на территории Карагандинской области, выявление особенностей элементного состава волос на территориях с различной природно-техногенной обстановкой, ранжирование районов Карагандинской области по уровню накопления элементов в составе данного биосубстрата и установка наиболее характерных индикаторных показателей.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Элементный состав волос исследован у 138 взрослых жителей различных регионов Карагандинской области (624 женщин и 514 мужчин в возрасте 25-50 лет), проживающих с рождения в Карагандинском регионе, включающих в себя следующие города: Караганда, Темиртау, Балхаш, Жезказган и у 217 трупов соответствующих регионов. Для проведения процедуры изымали образцы волос с пяти областей у основания (в количестве не менее 0,1 грамм). Анализ 13 химических элементов (Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, Pb, Zn) в волосах осуществляли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой (ИСП-МС). Отклонения индивидуального и группового элементного профиля волос от нормы отмечали, ориентируясь на принятые референтные значения содержания химических элементов в волосах [7]. Результаты элементного и изотопного анализа вводились в электронную базу данных, содержащую медико-биологические признаки исследуемых индивидов. Достоверность отличий частот отклонений определяли с использованием критерия  $\chi^2$ , попарное сравнение выборок – критерия Манна-Уитни. Различия значений считали

достоверными при уровне вероятности более 95% ( $p < 0,05$ ).

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В результате исследования в составе волос обследуемых людей, проживающих в городах Караганда, Темиртау, Балхаш, Жезказган и близлежащей к ним сельской местности были выявлены различия в соотношении и содержании микроэлементов. Анализ полученных данных показал, что в сравнении со средними значениями содержания элементов в волосах в данном регионе существует дефицит содержания магния (Mg) 18 мкг/г (15-20 мкг/г) и калия (K) 20 мкг/г (15-25 мкг/г). Результаты изучения элементного состава волос жителей Карагандинской области показали зависимость уровня содержания токсичных микроэлементов от уровня их воздействия и степени контакта населения (табл. 1). При этом изменения наиболее выражены у лиц, имеющих непосредственный контакт или проживающих на близлежащих территориях. В первую очередь это касается токсичных микроэлементов. Так, содержание кадмия в волосах у 100% обследованных жителей Караганды, Жезказгана и Балхаша превышало допустимые уровни –  $p < 0,05$  (норма 0-0,25 мкг/г). Содержание свинца в волосах жителей Карагандинской области во всех случаях превышало норму (0-1 мкг/г), в городе Балхаш – в 10 и более раз ( $p < 0,01$ ).

Что касается содержания меди в волосах независимо живых или умерших лиц, мужчин или женщин, то ее превышение (норма 9-50 мкг/г) установлено абсолютно у всех жителей Карагандинской области, но со значительной разницей в зависимости от региона проживания, при этом значительное повышение отмечено в волосах жителей Жезказгана и Балхаша. Повышенное содержание хрома (физиологический уровень 0,04-1 мкг/г) также характеризует жителей всей Карагандинской области, а особенно города Балхаш. В отличие от вышеперечисленных данных в волосах жителей Темиртау количество кадмия и цинка было в пределах допустимых значений. Следует также подчеркнуть, что уровень цинка в волосах жителей Караганды, Жезказгана и Балхаша превышал соответствующие нормальные показатели. Установлено, что в условиях мегаполиса отмечается интенсивное влияние токсичных химических компонентов внешней среды, найдены различия в содержании элементов, характеризующих промышленную специфику конкретного города. Следует отметить, что волосы жителей города Караганды характеризовало наличие повышенных концентраций кадмия, меди, хрома, цинка, а особенно свинца, соотношение которых значительно отличается от других прилегающих районов – данное сочетание является приоритетным исключительно для жи-

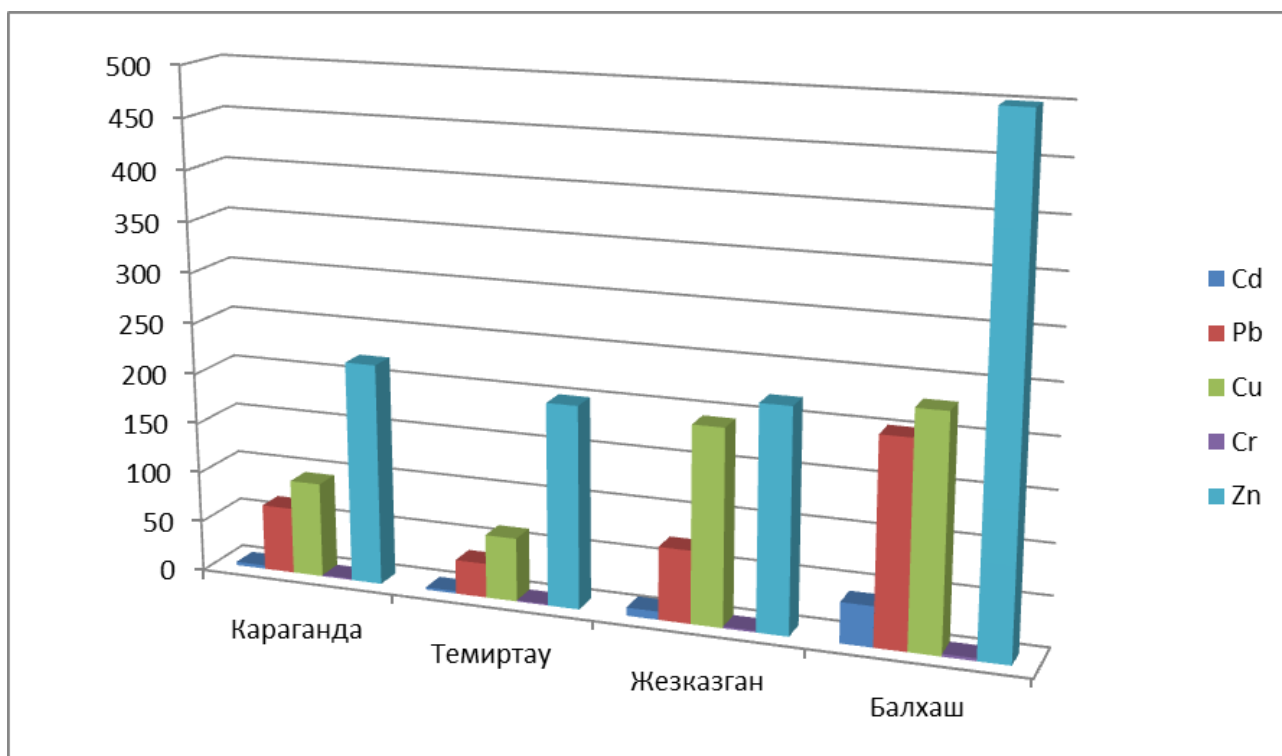


Рисунок 1 – Соотношение содержания кадмия, свинца, меди, хрома и цинка в волосах жителей различных регионов Карагандинской области

телей Караганды (рис. 1), что, наиболее вероятно, связано со спецификой угледобывающей промышленности, сопровождающейся увеличением загрязнения природной среды за счет тяжелых металлов, которые содержатся в повышенных количествах во вскрышных породах и угле.

При этом в волосах лиц, проживающих в городе Балхаш, концентрация всех указанных элементов значительно повышена по сравнению с содержанием этих элементов у лиц других регионов Карагандинской области, особенно кадмия, поступающего в воздух при переработке руды и являющегося побочным продуктом при плавке свинца и цинка, что напрямую характеризует характер выбросов доминирующего предприятия данного региона по обработке цветных металлов. В г. Темиртау в течение последних лет наблюдается превышение в воздухе предельно допустимых концентраций диоксида серы, диоксида азота, пыли, фенола, сероводорода, серной кислоты, аммиака, свинца, кадмия, меди и фосфора [10]. При этом количество кадмия и цинка в волосах жителей этого района остается в пределах нормы, но характеризуется специфичным увеличением только содержания свинца, меди и хрома, что значительно отличает микроэлементный состав волос жителей данного района от лиц, проживающих в Караганде, Жезказгане и особенно Балхаше. Элементный состав и его сочетание характеризуют рудничный воздух Жезказганского региона, и представляет собой смесь элементов, выделяемые выделяемых из пород или шахтных вод [6], которые образуются при взрывных работах – это повышенные концентрации меди, кадмия и свинца на фоне повышенных, но незначительно хрома и цинка. К основным выбросам обогатительных фабрик относится пыль медной руды, которая получается при различных стадиях перегрузки, транспортировки и дробления сырья, что и отличает концентрации данных элементов в волосах жителей Жезказгана.

Так, в волосах концентрации токсичных микроэлементов As и Pb как у городских, так и у сельских жителей были значительно выше биологически допустимого уровня. Однако среднегрупповое значение концентрации свинца в пробах волос у сельских жителей было с высокой степенью достоверности (по t-критерию для независимых выборок) выше, чем у городских жителей ( $p < 0,0001$ ), что при отсутствии выраженных источников промышленного загрязнения может быть обусловлено бытовым фактором. Значение медианы Pb у

лиц, проживающих в городе, в 2 раза ниже, чем у сельских жителей. Разницы между микроэлементным составом волос живых людей, проживающих в определенном районе Карагандинской области, и качеством, количеством и соотношением микроэлементов в волосах умерших людей (трупов), проживших свою жизнь в этих же районах, а также зависимости от половой принадлежности не наблюдалось. Исследование показало увеличение концентраций указанных элементов у лиц, работающих непосредственно на промышленных предприятиях, где, сталкиваясь с вредными факторами, они испытывают повышенную нагрузку со стороны вышеперечисленных токсичных элементов. Кроме того, с возрастом увеличивается не только стаж работы на указанных предприятиях, но и период проживания в местности, изначально неблагоприятной в экологическом отношении, что возможно усугубляет интоксикацию химическими элементами. Проведенный математический анализ выявил существенное влияние условий проживания на содержание макро- и микроэлементов в волосах, а результаты исследований позволяют сформировать общий алгоритм диагностики медико-биологических признаков человека на основе результатов анализа элементного состава волос. Данный подход проявляется как наиболее мощный для случаев, когда информации для идентификации каждого конкретного погибшего недостаточно (например, когда у объектов отсутствуют выраженные индивидуализирующие признаки, объекты скелетированы), когда есть сомнения в полноте базы данных без вести пропавших, либо в том случае, когда база данных разыскиваемых вообще отсутствует. В указанных ситуациях рассматриваемые алгоритмы позволяют формировать прямую (комплексную) оценку объектов по основным медико-биологическим признакам (таким как видовая принадлежность, пол, возраст, рост, территория проживания, природная зона проживания, локальные условия среды, некоторые заболевания, давность захоронения и прочие), исходя из имеющегося материала (трупа). Такая оценка проводится на основе результатов анализа волос с применением компьютерных технологий. Она обеспечивает выявление значительного перечня признаков человека, на основе которых он может быть идентифицирован. В особо сложных случаях эта оценка позволяет провести резкое сужение круга поиска, выявить более четкие ориентиры происхождения объекта (трупа) для целенаправленного поиска сравнительно-

го материала и, в конечном итоге, идентификации.

Результаты исследований однозначно свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – мощный и постоянно действующий фактор воздействия на человека и окружающую среду. Исследования биосустратов населения Карагандинской области, проживающего в экологически неблагоприятных условиях, выполненные методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, позволили установить фоновые уровни содержания химических элементов, характерных для данного региона и его районов, как критериев сравнения для судебно-медицинских задач при идентификации личности человека. Полученные данные и составленные картосхемы, отражающие уровни накопления химических элементов в волосах человека позволят учитывать регион проживания человека при идентификации личности в судебно-медицинской практике, а выявленные закономерности распределения химических элементов в волосах людей и трупов тяжелых металлов служат теоретической основой для биогеохимической и экологической оценки конкретной территории.

### ВЫВОДЫ

1. Элементный состав волос адекватно отражает биогеохимическое окружение организма, коррелирует с уровнем биоэлементов во внутренней среде, характеризует элементный статус организма и может служить средством идентификации человека в судебно-медицинской практике.

2. Системное исследование подхода к идентификации личности человека, основанного на использовании результатов элементного анализа его биологических материалов, прежде всего волос, выявление комплекса медико-биологических признаков индивида, определяемых с применением химических элементов, создание модели, разработка и описание системы диагностики медико-биологических признаков в целях последующей идентификации человека на основе результатов анализа элементного состава волос как маркеров экспозиции в условиях воздействия химических факторов среды обитания является перспективным направлением судебно-медицинской экспертизы.

### ЛИТЕРАТУРА

1 Агаджанян Н. А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека /Н. А. Агаджанян, А. В. Скальный. – М.: КМК, 2001. – 83 с.

2 Абдрахманова Е. Р. Состояние здоровья и особенности микроэлементного состава биосред у жителей горнорудной геохимической провинции /Е. Р., Абдрахманова, А. С. Рахимкулов //Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – №1. – С.23-25.

3 Вернадская Н. Когда дышать опасно для жизни: [экология Темиртау] //Зеркало. – 2013. – №44. – С. 8.

4 Жакатаева Б. Т. Атмосферные загрязнения г. Караганды /Б. Т. Жакатаева, З. П. Журавлева //Вестн. Карагандинского университета. Сер. «Биология. Медицина. География». – 2010. – №3 (59). – С. 79-84.

5 Окина О. И. Использование микроэлементного состава волос в экологических и медицинских исследованиях /О. И. Окина, С. М. Ляпунов, А. В. Горбунов //Экология человека. – 2009. – №4. – С. 56-58.

6 Подунова Л. Г. Методика определения микроэлементов в диагностируемых биосустратах атомной спектрометрией с индуктивно связанной аргоновой плазмой: Метод. рекомендации. – М., 2003. – 36 с.

7 Скальный А. В. Референтные значения химических элементов в волосах, полученные методом ИСПС //Микроэлементы в медицине. – 2003. – №4 (1). – С. 55-56.

8 Mikulewicz M. Reference values of elements in human hair: a systematic review /M. Mikulewicz, K. Chojnacka, T. Gedrange //Environ Toxicol Pharmacol. – 2013. – V. 36 (3). – P. 1077-1086.

9 Subramanian Thangaraj P. K. DNA isolation from teeth by organic extraction and identification of sex of the individual by analyzing the AMEL gene marker using PCR /P. K. Subramanian Thangaraj, A. Nalini //J. Forensic Dent Sci. – 2016. – №1. – P. 18-21.

10 Pozebona D. Elemental hair analysis: A review of procedures and applications /D. Pozebona, G. L. Schefflera, V. L. Dressler //Analytica Chimica Acta. – 2017. – V. 992. – 23 p.

### REFERENCES

1 Agadzhanjan N. A. Himicheskie jelementy v srede obitanija i jekologicheskij portret cheloveka /N. A. Agadzhanjan, A. V. Skal'nyj. – M.: KMK, 2001. – 83 s.

2 Abdrahmanova E. R. Sostojanie zdorov'ja i osobennosti mikrojelementnogo sostava biosred u zhitelej gornorudnoj geohimicheskoy provincii /E. R., Abdrahmanova, A. S. Rahimkulov //Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. – 2011. – №1. – S.23-25.

3 Vernadskaja N. Kogda dyshat' opasno dlja zhizni: [jekologija Temirtau] //Zerkalo. –

2013. – №44. – С. 8.

4 Zhakataeva B. T. Atmosfernye zagrjaznenija g. Karagandy /B. T. Zhakataeva, Z. P. Zhuravleva //Vestn. Karagandinskogo universiteta. Ser. «Biologija. Medicina. Geografija». – 2010. – №3 (59). – С. 79-84.

5 Okina O. I. Ispol'zovanie mikrojelementnogo sostava volos v jekologicheskikh i medicinskih issledovanijah /O. I. Okina, S. M. Ljapunov, A. V. Gorbunov //Jekologija cheloveka. – 2009. – №4. – С. 56-58.

6 Podunova L. G. Metodika opredelenija mikrojelementov v diagnostiruemyh biosubstratah atomnoj spektrometrii s induktivno svjazannoj argonovoj plazmoj: Metod. rekomendacii. – M., 2003. – 36 s.

7 Skal'nyj A. V. Referentnye znachenija himicheskikh jelementov v volosah, poluchennye

metodom ISPS //Mikrojelementy v medicine. – 2003. – №4 (1). – С. 55-56.

8 Mikulewicz M. Reference values of elements in human hair: a systematic review /M. Mikulewicz, K. Chojnacka, T. Gedrange //Environ Toxicol Pharmacol. – 2013. – V. 36 (3). – P. 1077-1086.

9 Subramanian Thangaraj P. K. DNA isolation from teeth by organic extraction and identification of sex of the individual by analyzing the AMEL gene marker using PCR /P. K. Subramanian Thangaraj, A. Nalini //J. Forensic Dent Sci. – 2016. – №1. – P. 18-21.

10 Pozebona D. Elemental hair analysis: A review of procedures and applications /D. Pozebona, G. L. Schefflera, V. L. Dressler //Analytica Chimica Acta. – 2017. – V. 992. – 23 p.

Поступила 02.11.2018 г.

*S. A. Musabekova*

*ELEMENTAL STRUCTURE OF HAIR AS AN INDICATOR OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL SITUATION OF THE TERRITORY FOR THE JUDICIAL-MEDICAL IDENTIFICATION OF THE HUMAN*  
*Department of pathology of Karaganda state medical university (Karaganda, Kazakhstan)*

One of the features of urbanized territories is the anthropogenic impact on the environment, characterized by an intensive change in the natural geochemical background. Chemical compounds entering the natural environment as a result of man's productive activity are included in the natural cycles of the matter cycle and are capable of accumulating not only in environmental objects, but also in the human body. One of the objective indicators of the ecological and hygienic well-being of the territory is the microelement status of the population, while human hair is of the greatest interest for detecting the state of the exchange of microelements in the body and the toxic effects of certain heavy metals on the body. With the purpose of expanding the identification capabilities during the forensic examination of identification of unknown and skeletal bodies the study was conducted of 1 138 residents of various regions of the Karaganda region (624 women and 514 men aged 25-50 years) and 217 corpses using multi-element hair analysis using the mass method spectrometry with inductively coupled plasma. As a result, the peculiarities of the elemental status of the adult population of the region are revealed, characterizing the region of his permanent residence in the Karaganda region. The obtained data can be used as comparison criteria for solving a number of important identification tasks in forensic medicine or reference values of the content of chemical elements in adult hair of the Karaganda region.

*Key words:* forensic medical examination, hair, microelement composition, human identification

*C. A. Мусабекова*

*СОТ-МЕДИЦИНАЛЫҚ АДАМ ИДЕНТИФИКАЦИЯСЫНДА ШАШТЫҢ ЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫ ТАБИФИ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТЕРРИТОРИЯСЫНДА ИНДИКАТОР РЕТІНДЕ*  
*Қарағанды Мемлекеттік Медицина университетінің патология кафедрасы (Қарағанды, Қазақстан)*

Урбанизацияланған территорияның ерекшеліктерінің бірі: қоршаған ортаға антропогендік әсер, ол табиғи геохимиялық фондтың интенсивті өзгеруімен сиппаталады. Адамның өндірістік әрекетінің нәтижесінде табиғи ортаға бөлінетін химиялық байланыстар, тек табиғи айналым циклында жиналып қана қоймай, адамның да организмінде жинала алады. Эколого-гигиеналық территориядағы өркендеудің объективті көрінісі тұрғындардың микроэлементтік статусы болып табылады, сонымен қатар ең тиімді көрсеткіші адам шашы, себебі микроэлементтердің ағзадағы алмасуын және оған ауыр металлдардың токсикалық әсерін шаш арқылы анықтауға болады. Қарағанды облысындағы әртүрлі аймақтарындағы 1 138 тұрғындардың (25-50 жас аралығында 624 әйел және 514 ер адам) және 217 мәйіттің арасында сот-медициналық идентификациялық мүмкіндітерін кеңейту мақсатында, белгісіз тұлғалар және қаңқалық денелердің шаштарына масс-спектрометрия әдісімен және индуктив-байланысты плазма көмегімен көпэлементті анализ алынды. Нәтижесінде Қарағанды облысындағы тұрақты ересек тұрғындардың элементтік статусының ерекшелітері анықталған. Алынған мәліметтер Қарағанды облысының тұрақты ересек тұрғындарының шашындағы элементтерінің референстік мәндері сот-медициналық өндірістегі маңызды идентификациялық тапсырмаларды шешуге арналған салыстыру критерий ретінде қолдануға мүмкіншілік береді.

*Кілт сөздер:* сот-медициналық экспертиза, шаш, микроэлементті құрам, адамды идентификациялау