

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОЛОС КАК ОТРАЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

**В.А. Тупиков\***, **Н.Л. Наумова\*\***, **М.Б. Ребезов\*\***

**\*ООО Медицинский центр «Лотос», г. Челябинск;**

**\*\*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск**

Проведены исследования элементного статуса населения г. Челябинска (начиная с 18-летнего возраста) для выявления рисков развития гипо- и гиперэлементозов техногенной природы. Во всех возрастных группах установлено превышение на 32,0–38,0 % верхней границы допустимого уровня содержания Ni, который провоцирует у каждого второго (третьего) челябинца риск развития гиперэлементоза Ni. Начиная с 30-летнего возраста и на протяжении всей жизни, большинство горожан испытывают повышенную нагрузку со стороны таких токсичных элементов как Cd, Pb, Hg и Cr. При этом с возрастом риск развития гиперэлементозов значительно возрастает. Однако риски развития гиперэлементоза As встречаются лишь в единичных случаях. Таким образом, научно обоснована возможность производства продуктов питания, обогащенных Se, который является антагонистом по отношению ко многим тяжелым металлам и обладает выраженным антиоксидантным действием.

*Ключевые слова: тяжелые металлы, токсичные элементы, экология, элементный статус, обогащенные продукты питания.*

**Введение.** Уральский регион – традиционное место размещения предприятий черной и цветной металлургии. Металлургические предприятия Урала производят огромное количество металлов и сплавов, что дает возможность региону эффективно развиваться. Но концентрация металлургических предприятий в регионе имеет и ряд отрицательных сторон, проявляющихся в резком ухудшении экологической обстановки [4]. Исследованиями, проводимыми в Южно-Уральском регионе, выявлены и описаны техногенные геохимические провинции с избыточным содержанием высокотоксичных элементов (Pb, Cd, As, U, Ni и др.) [3]. Так по ходу течения р. Миасс в г. Челябинске увеличивается содержание ряда тяжелых металлов, особенно в почве – кадмия и ртути соответственно в 47 и 113 раз, в донных отложениях кадмия и ртути – в 116 и 41 раз [2].

Согласно существующей классификации к группе тяжелых металлов относятся металлы с атомной массой больше атомной массы железа и плотностью больше 5 г/см<sup>3</sup> (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Hg). С биологической точки зрения данная группа не однородна, так как содержит эссенциальные (Cu, Zn, Co, Ni) и токсичные элементы (Pb, Cd, Sb, Hg, Sn). Однако известно, что при неадекватно значительном поступлении в организм эссенциальных микроэлементов, последние могут становиться токсичными, а токсичные элементы в малых концентрациях полезны и даже необходимы для организма, так как выполняют определенные физиологические функции [10].

Формирование антропогенных аномалий отрицательно сказывается на здоровье человека, в частности, происходит нарушение минерального обмена из-за изменения концентрации и соотношения элементов в окружающей среде, питьевой воде и пищевых продуктах [6, 8].

В настоящее время в медицине активно развивается учение о микроэлементозах – отклонениях в содержании химических элементов, вызванных экологическими, профессиональными, климато-географическими факторами, которые приводят к широкому спектру нарушений в состоянии здоровья. При этом все большее значение приобретают техногенные микроэлементозы [7, 9].

В регионах с развитой металлургической промышленностью у населения наблюдается дисфункция иммунной системы [14], приводящая к развитию разнообразных хронических процессов и, как следствие этого, к увеличению в структуре заболеваемости доли онкологических, аутоиммунных и аллергических поражений [13].

Челябинская область в онкологической статистике занимает одну из ведущих позиций. Заболеваемость раком за последние пятьдесят лет выросла с 45 до 380 случаев на 100 тысяч населения. Ежегодный темп прироста заболеваемости раком в Челябинской области составляет в среднем 2,9 %, тогда как по РФ этот показатель не превышает 1,6 %. Инвалидизация населения области от злокачественных новообразований составляет около 16,0 %, тогда как средний российский показатель – 10,5 % [1, 5].

Определение элементного состава биосред человека позволяет проводить мониторинг состояния здоровья, оценку уровня работоспособности и эффективности лечения, а также формировать группы риска по гипо- и гиперэлементозам, профессиональным заболеваниям, связанным с интоксикацией химическими элементами, проводить скрининг-диагностические исследования больших групп населения, подбирать рациональные диеты как здоровому, так и больному человеку, составлять карты территорий распространенности среди населения заболеваний экологической этиологии [6].

Элементный состав волос является своеобразным интегральным показателем, который может быть использован для оценки состояния здоровья человека, адекватности его питания, на основании чего подбирается оптимальный пищевой рацион [9]. Химический состав волос, в сравнении с биологическими жидкостями организма человека, в меньшей степени подвержен колебаниям, волосы имеют свойство накапливать макро- и микроэлементы, что дает возможность проведения ретроспективных анализов за определенные промежутки времени.

Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение содержания тяжелых металлов в волосах пациентов различных возрастных групп для обоснования риска развития гипо- и гиперэлементозов техногенной природы.

**Методика.** Элементный статус человека в процессе онтогенеза претерпевает значительные изменения, что определяется как неравномерностью роста и развития отдельных тканей и органов, так и нейроэндокринными изменениями [1]. Поэтому образцы волос были взяты у 638 челябинцев 5 возрастных групп (1-я возрастная группа – 18–29 лет, 2-я возрастная группа – 30–39 лет, 3-я возрастная группа – 40–49 лет, 4-я возрастная группа – 50–59 лет, 5-я возрастная группа – старше 60 лет) в соответствии с данными Госкомстата Челябинской области о социально-демографических характеристиках населения города. Статистическая погрешность данных не превысила 5 % (при 95 %-ном доверительном уровне). Образцы волос получали путем состригания с 3–5 мест на затылочной части головы, ближе к шее, помещали их в специальные пакеты, затем в конверты с идентификационными записями.

Анализ элементного состава волос проводили методами масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой на приборах Optima 2000 (Perkin Elmer) и ICAP-9000 (Thermo Jarrell Ash, США) в соответствии с МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03, утвержденных МЗСР. В связи с тем, что официальные нормативные показатели содержания большинства химических элементов в волосах не установлены, в качестве ориентировочных значений использовали рекомендуемые в настоящее время пределы физиологических норм (значения

25–75 центильных интервалов) для возрастных групп, предложенные А.В. Скальным [11, 12], или референтные значения [15].

### Результаты исследования и их обсуждение.

При изучении элементного состава волос во всех возрастных группах было установлено превышение на 32,0–38,0 % верхней границы допустимого уровня содержания такого элемента как Ni (табл. 1), который в данном случае выступает как токсикант, провоцируя у каждого второго (третьего) челябинца риск развития гиперэлементоза Ni, особенно в 1-й возрастной группе (табл. 2). Несмотря на сложившуюся ситуацию, незначительное количество горожан с возрастом испытывают недостаток этого элемента.

Начиная с 30-летнего возраста и на протяжении всей жизни, большинство горожан испытывают повышенную нагрузку со стороны таких токсичных элементов как Cd и Pb. При этом с возрастом риск развития гиперэлементозов значительно возрастает. Так превышение верхней границы допустимого уровня содержания в волосах Cd находится в широком диапазоне и составляет от 8,0 до 108,0 % (в зависимости от возраста), что соответственно провоцирует риски развития гиперэлементоза Cd: во 2-й возрастной группе – у каждого шестого жителя областного центра, а уже в 5-й возрастной группе – у каждого третьего обследуемого.

Риск развития гипозлементоза Cd характерен для юношеского возраста – 1-й возрастной группы (у каждого третьего обследуемого) и снижается в 2–3 раза по мере взросления организма.

Во многом ситуация идентична и для такого элемента как Pb. Превышение верхней границы допустимого уровня содержания в волосах Pb составляет от 32,0 до 70,0 % (в зависимости от возраста), но риски развития гиперэлементоза Pb более высоки и уже во 2-й возрастной группе могут возникнуть у каждого третьего челябинца.

Риск развития гипозлементоза Pb наиболее высок в 1-й возрастной группе, что составляет 41,8 % и снижается в 2,5–3,5 раза с увеличением возраста обследуемых.

Хотя средние значения концентрации Hg и Cr в волосах всех возрастных групп установлены в пределах допустимых уровней, при этом у жителей г. Челябинска, перешедших 30-летний жизненный рубеж, повышаются риски токсического воздействия этих элементов на организм. Так во 2-й возрастной и последующих группах появляется и сохраняется на уровне 6,8–8,0 % риск развития гиперэлементоза Hg; практически в 2 раза повышается риск развития гиперэлементоза Cr (с 11,4 до 23,9 %), который также остается относительно стабильным на протяжении последующих периодов жизни.

Риски развития гипозлементозов Hg и Cr также относительно высоки в 1-й возрастной группе и составляют 4,4 и 15,8 % соответственно.

Таблица 1

Содержание эссенциальных и токсичных элементов  
в волосах челябинцев в зависимости от возраста

Название элемента	Значения 25–75 центильных интервалов, мг/кг	Результаты исследования, мг/кг				
		18–29 лет (n = 158)	30–39 лет (n = 117)	40–49 лет (n = 135)	50–59 лет (n = 103)	более 60 лет (n = 125)
Cr	0,32–0,96	0,65 ± 0,02	0,82 ± 0,03	0,84 ± 0,01	0,85 ± 0,02	0,85 ± 0,02
Ni	0,14–0,53	<b>0,71 ± 0,03</b>	<b>0,70 ± 0,03</b>	<b>0,72 ± 0,05</b>	<b>0,72 ± 0,05</b>	<b>0,73 ± 0,03</b>
As	0,00–0,56	0,05 ± 0,002	0,08 ± 0,004	0,08 ± 0,002	0,08 ± 0,002	0,08 ± 0,002
Cd	0,02–0,12	0,07 ± 0,002	<b>0,13 ± 0,004</b>	<b>0,17 ± 0,002</b>	<b>0,22 ± 0,003</b>	<b>0,25 ± 0,002</b>
Pb	0,38–1,40	0,75 ± 0,05	<b>1,85 ± 0,10</b>	<b>2,23 ± 0,2</b>	<b>2,36 ± 0,2</b>	<b>2,39 ± 0,2</b>
Hg	0,05–2,00*	0,21 ± 0,01	0,72 ± 0,05	0,77 ± 0,05	0,81 ± 0,05	0,83 ± 0,05

\* – референтные значения.

Таблица 2

Риск развития элементозов у челябинцев в зависимости от возраста

Название элемента	Результаты исследования				
	18–29 лет (n = 158)	30–39 лет (n = 117)	40–49 лет (n = 135)	50–59 лет (n = 103)	более 60 лет (n = 125)
Число лиц с относительно сниженным содержанием элементов, %					
Cr	15,8	6,8	6,7	5,8	5,6
Ni	1,9	3,4	5,9	8,7	9,6
As	–	–	–	–	–
Cd	33,5	15,4	13,3	11,7	9,6
Pb	41,8	17,1	15,6	14,6	12,0
Hg	4,4	–	0,7	1,9	1,6
Число лиц с относительно повышенным содержанием элементов, %					
Cr	11,4	23,9	23,0	24,3	24,8
Ni	43,0	35,9	34,1	32,0	32,0
As	–	–	–	1,9	1,6
Cd	8,2	16,2	22,2	29,1	33,6
Pb	9,5	35,9	37,0	38,8	42,4
Hg	–	6,8	7,4	7,8	8,0

Однако на протяжении изученных периодов жизни горожан относительно низким и стабильным оказалось содержание в волосах As. Риски развития гиперэлементоза As встречаются лишь в единичных случаях у лиц предпенсионного и пенсионного возрастов. Риски развития гипозэлементоза As ни в одной из обследуемых возрастных групп не выявлены.

Сложившуюся ситуацию, по-видимому, можно объяснить тем, что именно к 30 годам жизни большинство населения уже осознанно осуществляет трудовую деятельность, в основном на предприятиях металлургической (ОАО «Мечел», ОАО «ЧМК», ЗАО «Мечелстрой») и тяжелой промышленности (механический, металло-конструкций, кузнечно-прессовый, трубопрокатный заводы, а также ОАО «Станкомаш», ОАО «Электромашина» и др.) г. Челябинска, где сталкиваясь с вредными производственными факторами, испытывает повышенную нагрузку со стороны вышеперечисленных токсичных элементов. Кроме того, с возрастом увеличивается не только стаж работы на ука-

занных предприятиях, но период проживания в местности, изначально неблагоприятной в экологическом отношении, что усугубляет интоксикацию химическими элементами.

**Заключение.** Высокие риски развития у населения мегаполиса гиперэлементозов таких техногенных токсикантов, как Ni, Pb, Cd и Cr могут только объяснить высокий уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями. Токсический эффект избытка Ni, Pb, Cd и Cr в организме сопровождается выраженными повреждениями во многих органах и тканях. Особенно важными являются метапластические, диспластические и неопластические процессы. Морфологически это может выражаться в развитии рака носовой полости, легкого, желудка, кишечника, почек и саркомы [2, 7].

Известно, что Se оказывает защитное действие на организм человека при острых и хронических отравлениях ртутью, кадмием, мышьяком. Он защищает сердце от разрушающего действия тяжелых металлов и от токсического действия лекарств; обладает выраженным антиоксидантным

действием; стимулирует образование антител; участвует в выработке эритроцитов; обладает канцеростатическим эффектом; замедляет процессы старения. Поэтому включение в пищевой рацион челябинцев биологически активных добавок, содержащих Se, или продуктов питания, обогащенных этим микроэлементом, является оправданным. В связи с чем на кафедре прикладной биотехнологии (<http://bio.susu.ru>) факультета пищевых технологий Южно-Уральского государственного университета (при поддержке администрации г. Челябинска) проводится комплекс научно-исследовательских работ по разработке рецептур и технологии производства пищевых продуктов лечебно-профилактического назначения, обогащенных Se. Одной из целей этих работ является экономическая доступность обогащенных продуктов для всех слоев населения.

### Литература

1. Важенин, А.В. Пути эффективного управления онкологической ситуацией в стране / А.В. Важенин, В.А. Шепелев, В.Н. Шевченко // *Справ. врача общей практики*. – 2006. – № 4. – С. 58–62.
2. Геоэкологическая оценка путей поступления канцерогенных веществ в окружающую среду / В.Н. Башкин, Р.В. Галиулин, Р.А. Галиуллина, И.Е. Калинина // *Экология и промышленность России*. – 2009. – № 3. – С. 55–57.
3. Грибовский, Г.П. Биогеохимические провинции Урала и проблемы техногенеза / Г.П. Грибовский, Ю.Г. Грибовский, Н.А. Плохих // *Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы*. – М.: Наука, 2003. – 362 с.
4. Гудим, Ю.А. Эффективные способы утилизации отходов металлургического производства Урала / Ю.А. Гудим, А.А. Голубев // *Экология и промышленность России*. – 2008. – № 12. – С. 4–8.
5. Доксов, Д.В. Пути эффективного управления онкологической ситуацией (на модели Челябинской области): дис. ... канд. мед. наук / Д.В. Доксов. – Ростов н/Д, 2008. – 171 с.
6. Дубовой, Р.М. Элементный статус при действии неблагоприятных факторов производственной деятельности и его алиментарная восстановительная коррекция: дис. ... д-ра мед. наук / Р.М. Дубовой. – М., 2009. – 370 с.
7. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, А.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
8. Оберлис, Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. Скальный. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.
9. Скальная, М.Г. Гигиеническая оценка влияния минеральных компонентов рациона питания и среды обитания на здоровье населения мегаполиса: дис. ... д-ра мед. наук / М.Г. Скальная. – М., 2005. – 339 с.
10. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Мир, 2003. – 272 с.
11. Скальный, А.В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал / А.В. Скальный // *Вестн. С.-Петерб. ГМА им. И.И. Мечникова*, 2002. – № 1–2 (3). – С. 62–65.
12. 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.
13. Структура адаптационных реакций и показателей системы иммунитета у больных предопухолевыми заболеваниями и раком молочной железы / М.Н. Стахеева, Е.Ю. Гарбуков, Н.В. Чердынцева и др. // *Мед. иммунология*. – 2002. – Т. 4, № 2. – С. 310–311.
14. Хоружева, Е.С. Оценка уровней онкомаркеров и состояния иммунной системы у лиц, работающих на ОАО «Челябинский электронный завод», с учетом воздействия медико-социальных факторов: дис. ... канд. мед. наук / Е.С. Хоружева. – Челябинск, 2006. – 145 с.
15. Bertran, H.P. Spurenelemente: analytisch, okotoxikologische und medizinisch / H.P. Bertran. – Munchen, Urban und Schwarzenberg, 1992. – 207 s.

Поступила в редакцию 27 апреля 2012 г.