

УДК 611.781.1-053.8(470.41):541.4

РЕФЕРЕНТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ВЗРОСЛЫХ ЖИТЕЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

© 2016 г. **Н. А. Агаджанян**, ^{1,2,3}**А. В. Скальный**, ³**Е. С. Березкина**, ⁴**В. А. Демидов**,
³**А. Р. Грабеклис**, ^{2,4}**М. Г. Скальная**

¹Институт токсикологии федерального медико-биологического агентства России, г. Санкт-Петербург; ²Институт биоэлементологии Оренбургского государственного университета, г. Оренбург; ³Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, г. Ярославль; ⁴АНО «Центр биотической медицины», г. Москва

Элементный профиль волос человека является адекватным гигиеническим показателем, отражающим влияние на него климато-географических, биогеохимических и экологических особенностей территории. Данный показатель также является инструментом контроля здоровья жителей путем выявления и устранения типичных для территории элементозов. Целью данного исследования, выполненного в рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации», было изучение элементного статуса взрослого населения Республики Татарстан, не занятого в производственной сфере. Для выполнения поставленных задач в период с 2004 по 2010 год было проведено исследование элементного состава волос 2 127 взрослых жителей (1 667 женщин и 460 мужчин в возрасте 25–50 лет) Республики Татарстан. Все образцы были подвергнуты многоэлементному анализу методами ИСП-АЭС и ИСП-МС. Математическая обработка данных проводилась с использованием методов непараметрической статистики. В целом проведенная оценка элементного статуса населения Республики Татарстан показала, что ситуация с обеспеченностью микронутриентами взрослых жителей удовлетворительная, хотя у мужской части популяции дефициты встречаются относительно чаще. Привлекает внимание общее и для мужчин, и для женщин накопление алюминия, кремния и кальция в волосах. К положительным фактам следует отнести незначительную частоту риска гипозлементозов у женщин.

Ключевые слова: референтные значения, химические элементы, волосы, многоэлементный анализ, взрослое население, Татарстан

REFERENCE VALUES FOR CHEMICAL ELEMENTS CONCENTRATION IN HAIR OF ADULTS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Н. А. Agadzhanyan, ^{1,2,3}**A. V. Skalny**, ³**E. S. Berezkina**, ⁴**V. A. Demidov**, ³**A. R. Grabeklis**,
^{2,4}**M.G. Skalnaya**

¹Institute of Toxicology, St. Petersburg ²Institute of Bioelementology, Orenburg State University, Orenburg
³P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl ⁴ANO "Centre for Biotic Medicine", Moscow, Russia

Elemental hair profile of the population is adequate hygienic indicator reflecting the impact of climatic and geographical, biogeochemical and ecological characteristics of the area on human. This indicator is also a tool for monitoring the population's health through detection and elimination the elementosis which is typical for the territory. The purpose of this study was to carry out a study of element status of adult population of the Republic of Tatarstan not employed in the manufacturing sector in the framework of the Federal Target Program "National System of chemical and biological security of the Russian Federation. It was analysed elemental composition of hair 2,127 adult residents (1,667 women and 460 men aged 25-50 years) of the Republic of Tatarstan in the period 2004 and 2010 to perform the tasks. ICP-AES and ICP-MS methods was used. Mathematical processing of data was carried out using methods of nonparametric statistics. In general, the evaluation of the element status of population of the Republic of Tatarstan showed that the situation with the adult residents is sufficient, although the male part of the population deficits are relatively frequent. Attracts attention common for both men and women accumulation of aluminum, silicon and calcium in hair. The positive facts necessary to carry a small risk hypoelementosis frequency in women.

Keywords: reference values, chemical elements, hair, multielement analysis, the adult population, Tatarstan

Библиографическая ссылка:

Агаджанян Н. А., Скальный А. В., Березкина Е. С., Демидов В. А., Грабеклис А. Р., Скальная М. Г. Референтные значения содержания химических элементов в волосах взрослых жителей Республики Татарстан // Экология человека. 2016. № 4. С. 38–44.

Agadzhanyan N. A., Skalny A. V., Berezkina E. S., Demidov V. A., Grabeklis A. R., Skalnaya M. G. Reference Values for Chemical Elements Concentration in Hair of Adults in the Republic of Tatarstan. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 4, pp. 38-44.

На территории России представлено несколько биогеохимических провинций — областей, различающихся по содержанию в почвах, водах и осадочных отложениях химических элементов или их соединений, с которыми связаны биогеохимические эндемии у растений, животных и человека [6]. Современное развитие промышленности вносит ощутимый вклад в

изменение среды обитания человека [14, 15], крупные промышленные предприятия формируют химические аномалии [8, 21]. Изменение содержания химических элементов в объектах окружающей среды ведет к их изменениям в биосубстратах человека. Неблагоприятные изменения могут отражаться на состоянии здоровья и проявляться снижением естественной

сопротивляемости организма, функциональными изменениями в различных физиологических системах вплоть до развития болезни [11]. Изучение элементного «портрета» населения отдельных биогеохимических регионов представляет интерес с точки зрения контроля здоровья жителей путем выявления и устранения типичных для провинции элементозов [2, 3].

В предыдущих наших исследованиях [11] было показано, что у женщин, проживающих в г. Набережные Челны, повышено содержание в волосах Mg, Sr, Se, Pb, Be, Ni и незначительно снижено — Cu. Гиперэлементозы, вероятно, обусловлены влиянием крупного автозавода, а дефицит Cu может иметь геохимическую природу. Несмотря на географическую близость, элементный спектр волос жителей г. Казань имел свои особенности, а именно: низкое содержание Fe, Zn (в 1,3 раза), K (в 2 раза), на фоне повышенного уровня As (в 2,2 раза).

Было также проведено изучение влияния неблагоприятных производственных факторов на состояние минерального обмена у работников ОАО «КАМАЗ» (г. Набережные Челны) [11]. В ходе исследования было выявлено, что важными факторами, влияющими на состояние здоровья работников, являются работа в подвальных помещениях и частая работа в ночную смену. Рабочие, которые трудились в подвальных помещениях, отличались от работающих наверху повышенным содержанием в волосах магния, стронция ($p < 0,001$), хрома, алюминия ($p < 0,05$) и ртути ($p < 0,1$), сниженным — цинка и меди ($p < 0,05$), тенденцией к снижению содержания фосфора. Те из рабочих, кто имеет более 10 ночных смен в месяц, отличались от остальных дефицитом цинка и фосфора, то есть элементов, играющих важнейшую роль в стимуляции клеточного и гуморального иммунитета. Группа рабочих-электросварщиков характеризовалась множеством отклонений в минеральном составе волос и являлась наиболее неблагополучной в плане возникновения профессионально обусловленных металлотоксикозов. Так, у электросварщиков цеха наблюдались максимальные для всего агрегатного завода концентрации в волосах марганца, калия, кремния, натрия, повышенные — железа, меди, свинца (все $p < 0,001$ по сравнению с контрольной группой), селена ($p < 0,05$), низкие — кальция, стронция, цинка, алюминия ($p < 0,001$), магния ($p < 0,05$). При этом концентрация марганца значительно превышала допустимый уровень этого элемента в волосах (15 мкг/г). Увеличение продолжительности рабочего стажа у сварщиков приводило к кумуляции в организме алюминия, свинца ($p < 0,05$), железа, кадмия, кальция, магния, стронция, фосфора ($p < 0,1$).

Согласно опыту, полученному при обследовании больших групп рабочих автомобильной, металлургической, горнодобывающей промышленности, производства минеральных удобрений, несмотря на увеличение экспозиции (стаж работы по профессии в одних и тех

же производственных условиях), концентрация большинства химических элементов (Pb, Cd, Fe, Cu, Al, Co) в волосах несколько снижается, хотя и остается существенно превышающей биологически допустимый уровень. В случае производственного контакта с As (обжиговый завод, г. Пласт), Mn (сварщики, ОАО «КАМАЗ») наблюдается, как правило, прогрессирующее накопление в волосах этих элементов. Следует отметить, что это явление сопровождается и общим снижением «степени минерализации волос» в целом, т. е. уменьшением концентраций основных эссенциальных элементов [11].

Целью данного исследования, выполненного в рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации», было изучение элементного статуса взрослого населения Республики Татарстан, не занятого в производственной сфере. Оценка элементного статуса населения основывалась на результатах многоэлементного анализа волос. В многочисленных эколого-гигиенических и токсикологических исследованиях [2, 11, 13, 16–19] была показана правомочность использования результатов элементного анализа волос в качестве интегрального показателя состояния обмена макро- и микроэлементов на индивидуальном и популяционных уровнях. Население, проживающее в республике, подвергается комплексному воздействию вредных факторов, обусловленных как геохимическими особенностями регионов, так и интенсивным загрязнением объектов окружающей среды выбросами и сбросами крупнейших предприятий нефтегазохимического, горнодобывающего и машиностроительного комплексов. Ведущее гигиеническое значение в этом комплексе вредных природно-антропогенных факторов имеет высокое содержание в почве, воде, местных пищевых продуктах и продовольственном сырье высокотоксичных металлов, в частности свинца, кадмия и ртути, а также высокие концентрации марганца, меди и повышенный радиоактивный фон в отдельных районах республики за счет природных источников и антропогенного загрязнения.

Методы

Для выполнения поставленных задач в период с 2004 по 2010 год было проведено исследование элементного состава волос 2 127 взрослых жителей (1 667 женщин и 460 мужчин в возрасте 25–50 лет) Республики Татарстан.

Образцы волос отбирались с затылочной зоны [5] в бумажные конверты и хранились в сухом месте при комнатной температуре. Все образцы были подвергнуты многоэлементному анализу в аккредитованной испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины», Москва, Россия (ISO 9001:2008 сертификат 54Q10077 от 21.05.2010) с применением комбинации методов ИСП-АЭС и ИСП-МС [5]. Перед минерализацией образцы волос обрабатывали в ацетоне (осч, Химмед, Россия) 10–15 минут, затем промывали трижды деионизированной водой

(18 МОм·см); деионизированную воду получали в электрическом дистилляторе с комбинированной мембранной установкой типа ДВС-М/1НА-1(2)-L (Медиана-Фильтр, Россия). После этого их выдерживали при температуре 60 °С до воздушно-сухого состояния. Навески образцов ~ 0,05 г минерализовались в тefлоновых вкладышах с 5 мл азотной кислоты (осч, Химмед, Россия) в системе микроволнового разложения Multiwave 3000 (PerkinElmer – A. Paag, Австрия), с использованием следующего режима: 5 мин повышение температуры до 200 °С, 5 мин выдерживание при 200 °С, затем охлаждение до 45 °С. Полученные растворы количественно переносили в 15 мл полипропиленовые пробирки, тefлоновые вкладыши и крышки промывались трижды деионизированной водой с перенесением смыва в соответствующие пробирки. Затем растворы доводили до объема 15 мл деионизированной водой и тщательно перемешивали путем встряхивания в закрытых пробирках.

Определение содержания 25 химических элементов проводилось с использованием спектрометров Optima 2000 DV (PerkinElmer, США) и ELAN 9000 (PerkinElmer – SCIEX, Канада). Градуировку инструментов проводили с использованием моноэлементных растворов PerkinElmer. Качество определения контролировали с помощью референтного образца GBW09101 (Шанхайский институт ядерных исследований, Китай).

Математическая обработка полученных данных проводилась при помощи программных пакетов Microsoft Excel XP (Microsoft Corp., США) и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США) с использованием методов непараметрической статистики.

В качестве биологически допустимых уровней (БДУ) содержания химических элементов в волосах были взяты нормативы по допустимым уровням содержания токсических химических элементов, разработанные для рабочих, контактирующих с тяжелыми металлами, и населения, приведенные в методических рекомендациях, утвержденных Министерством здравоохранения СССР [7]. Кроме того, ввиду ограниченности количества химических элементов, для которых показатели допустимого содержания разработаны, для оценки отклонений нами использованы условные биологически допустимые уровни (УБДУ), основанные на данных о верхнем и нижнем пределах физиологического содержания элементов в волосах. В качестве УБДУ принимается такое количество вещества в организме или критическом органе, которое при постоянном его содержании не вызывает изменений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований. Практически УБДУ соответствует верхней или нижней границе физиологического содержания элемента. В данном исследовании в качестве УБДУ приняты значения, используемые в качестве нормативов в АНО «Центр биотической медицины» [10].

Поскольку данное исследование проводилось в рамках масштабной программы по оценке элемент-

ного статуса населения Приволжского федерального округа (ПФО) РФ, по анализу волос все регионы, входящие в округ, были ранжированы по содержанию химических элементов в волосах населения, а также по распространенности (встречаемости) случаев их избыточного и недостаточного содержания. В данной работе мы приводим значения рангов Республики Татарстан внутри ПФО. При этом большее численное значение ранга соответствует меньшему содержанию химического элемента и меньшей встречаемости отклонений. Таким образом, высший ранг имеет минимальное численное значение (ранг 1) и соответствует наибольшему содержанию элемента, наибольшей распространенности его избытков и наибольшей распространенности его дефицитов.

Для удобства представления особенностей элементного статуса региона нами использованы формулы вида:

$$\text{«Элементный портрет»} = \frac{\text{Гиперэлементозы}}{\text{Гипоэлементозы}} = \frac{\text{Токсичные и потенциально токсичные эл. / Условно-эссенциальные эл. / Эссенциальные эл.}}{\text{Эссенциальные эл. / Условно-эссенциальные эл.}}$$

В числителе приводятся последовательно химические элементы с высшими рангами по встречаемости избыточного содержания элемента в волосах: токсичные (Al, As, Cd, Pb, Be) и потенциально токсичные (Sn), через дробь указываются условно эссенциальные элементы (B, Li, Si, V, Ni) и эссенциальные элементы (макроэлементы Ca, Mg, K, Na, P и микроэлементы Fe, I, Zn, Cu, Co, Cr, Mo, Se, Mn). В знаменателе через дробь приводятся эссенциальные и условно эссенциальные химические элементы с высшими рангами по встречаемости недостаточного содержания в волосах. В формулах учтены значения рангов, отражающие 20–25 % общего числа рангов по соответствующему элементу, начиная с высшего (т. е. с минимального численного значения ранга). Например, при общем количестве рангов 16–18 во внимание принимались ранги 1–4, при общем количестве 4–6 – в формулу вносили только ранг 1 [16].

Результаты

В результате проведенных исследований установлено (табл. 1), что наиболее типичными для населения показателями по сравнению с фоном по ПФО являются повышенные значения содержания в волосах Al, P, Zn, Mn и пониженные — Na. Специфически характерным для женщин является повышенный уровень Pb, Cr, I, а для мужчин — относительно низкий уровень As.

Тем не менее в целом отклонений в элементном составе волос населения республики меньше, чем в большинстве соседних административных субъектов, и они ближе к средним значениям по ПФО. То есть абсолютные значения элементного состава взрослых жителей Республики Татарстан можно характеризовать как относительно благополучные на фоне большинства субъектов ПФО.

Таблица 1

Содержание химических элементов в волосах взрослых 25–50 лет, проживающих на территории Республики Татарстан, мг/кг

Элемент	Женщины		Мужчины	
	Татарстан (n=1667)	ПФО в целом (n=7453)	Татарстан (n=460)	ПФО в целом (n=3275)
Токсичные и потенциально токсичные микроэлементы				
As	0,021 (0,021–0,043)	0,021 (0,021–0,046)	0,046 (0,021–0,067)	0,060 (0,036–0,092)
Al	13,5 (7,99–20,63)	8,18 (4,73–13,86)	11,64 (7,86–18,56)	9,44 (5,48–15,25)
Cd	0,023 (0,013–0,044)	0,021 (0,011–0,043)	0,031 (0,015–0,069)	0,052 (0,022–0,135)
Hg	0,46 (0,26–0,84)	0,51 (0,29–0,9)	0,52 (0,26–1,07)	0,53 (0,27–1,03)
Pb	0,36 (0,2–0,69)	0,32 (0,17–0,62)	0,58 (0,29–1,18)	0,86 (0,41–2,02)
Sn	0,14 (0,07–0,36)	0,13 (0,06–0,37)	0,1 (0,06–0,16)	0,11 (0,07–0,18)
Условно эссенциальные микроэлементы				
B	0,67 (0,42–1,09)	0,63 (0,39–1,07)	0,99 (0,6–1,61)	0,99 (0,59–1,69)
Li	0,021 (0,013–0,034)	0,021 (0,012–0,035)	0,022 (0,014–0,037)	0,026 (0,015–0,045)
Ni	0,4 (0,26–0,69)	0,37 (0,22–0,63)	0,27 (0,18–0,45)	0,31 (0,2–0,5)
Si	33,6 (20,2–55,6)	32,2 (18,5–55,3)	26 (16,9–41,8)	26,8 (17,1–43,1)
V	0,055 (0,035–0,086)	0,055 (0,036–0,087)	0,06 (0,039–0,095)	0,079 (0,048–0,124)
Макроэлементы				
Ca	1405 (745–2501)	1352 (687–2501)	503 (354–792)	507 (354–813)
K	42 (20–106)	43 (20–115)	79 (37–207)	113 (45–291)
Mg	116,1 (65–211,4)	118,3 (60,3–226,5)	48,8 (34,3–72,1)	54,1 (35,8–86,4)
Na	100 (51–216)	131 (61–292)	149 (83–315)	256 (123–569)
P	150 (132–175)	146 (128–168)	159 (139–179)	152 (135–171)
Эссенциальные микроэлементы				
Co	0,025 (0,015–0,052)	0,021 (0,012–0,044)	0,014 (0,009–0,021)	0,016 (0,01–0,027)
Cr	0,36 (0,25–0,52)	0,33 (0,23–0,47)	0,42 (0,28–0,67)	0,49 (0,34–0,75)
Cu	11,7 (9,9–14,8)	11,9 (9,9–15,3)	11 (9,4–13)	11,4 (9,8–13,5)
Fe	17 (11,6–27,3)	16 (11,2–24,4)	15,6 (11,5–23,1)	18,9 (12,4–31,6)
I	0,82 (0,34–2,06)	0,72 (0,31–1,79)	0,66 (0,29–1,57)	0,56 (0,15–1,34)
Mn	1,2 (0,58–2,31)	0,84 (0,43–1,86)	0,6 (0,39–0,96)	0,6 (0,35–1,09)
Se	0,31 (0,17–0,48)	0,31 (0,17–0,47)	0,38 (0,26–0,54)	0,36 (0,23–0,49)
Zn	197 (165–239)	187 (157–226)	184 (159–220)	175 (149–205)

Примечание. Данные представлены в виде Me (q25–q75), где Me – медиана, q25 – нижний квартиль, q75 – верхний квартиль.

Данные из табл. 1 по содержанию химических элементов, согласно современным представлениям

[9, 10], могут быть использованы в качестве референтных значений содержания химических элементов в волосах взрослых в Республике Татарстан.

В табл. 2 представлены данные о встречаемости у взрослого населения отклонений от физиологически оптимального содержания химических элементов (УБДУ).

Таблица 2

Встречаемость отклонений от нормы по результатам элементного анализа волос у жителей Республики Татарстан, %

Элемент	Взрослые 25–50 лет			
	Женщины		Мужчины	
	Повышено	Понижено	Повышено	Понижено
Токсичные и потенциально токсичные микроэлементы				
As	0,2	0,0	0,2	0,0
Al	12,8	0,0	5,0	0,0
Cd	7,5	0,0	5,9	0,0
Hg	4,8	0,0	10,7	0,0
Pb	6,4	0,0	11,1	0,0
Sn	5,7	0,0	2,0	0,0
Условно эссенциальные микроэлементы				
B	1,7	0,0	3,1	0,0
Li	2,3	3,5	1,7	3,3
Ni	6,4	0,0	2,8	0,0
Si	32,2	11,4	14,3	15,7
V	3,3	0,0	4,2	0,0
Макроэлементы				
Ca	24,8	17,3	21,3	19,6
K	21,4	36,5	21,5	35,2
Mg	30,4	19,4	28,5	18,9
Na	21,3	27,8	13,9	27,0
P	28,0	33,7	14,8	23,5
Эссенциальные микроэлементы				
Co	2,5	40,9	0,2	73,9
Cr	6,7	19,1	10,2	17,8
Cu	16,6	34,2	7,2	36,5
Fe	14,6	21,2	11,1	24,6
I	8,7	42,1	8,1	47,7
Mn	39,1	8,4	21,7	9,6
Se	4,7	41,6	4,8	26,7
Zn	29,3	31,3	33,3	18,7

В группе мужчин отмечено максимальное для ПФО содержание в волосах Al (ранг 1), повышено — P (ранг 2), Mn (ранг 3) и Zn (ранг 4), при том что у них низкие показатели токсикантов Cd, As (ранг 12), а также Sn, Cr (ранг 11), V (ранг 12) и электролитов K и Na (ранг 13). Последний факт, естественно, не может считаться положительным для здоровья мужского населения.

В группе женщин, как и у мужчин, отмечено максимальное содержание в волосах Al (ранг 1), повышенное — P, Ni, Cr (ранг 2), As, Pb (ранг 3), а также эссенциальных микроэлементов Co, Mn, Zn (ранг 3) и Fe (ранг 4). Как и у мужчин, у женщин выявлен низкий показатель содержания в волосах Na и токсичной Hg.

Обсуждение результатов

Общим отклонением в элементном статусе изученных групп населения Республики Татарстан является распространенность избыточного на-

копления в волосах Al. Выше среднего для ПФО уровень распространенности избытка Ca в волосах. Отмечена повышенная частота превышений ВУС Si и пониженного содержания Na в волосах. В целом элементный статус населения можно оценить как относительно благополучный, особенно в связи с тем, что у женщин дефициты касаются единичных элементов и выражены в незначительной степени.

По сравнению с женщинами отклонения встречаются значительно чаще в «элементном портрете» мужского населения. Для него характерно умеренное превышение показателей риска гиперэлементозов Al (5 %, ранг 4), Si (14 %, ранг 3), Ca (21 %, ранг 4) на фоне умеренного полигипоэлементоза, который будет подробно рассмотрен ниже (см. формулы). Выявленные избытки относительно незначительны по своей распространенности, однако их совокупность может отрицательно влиять на заболеваемость болезнями опорно-двигательного аппарата, мочевыделительной системы, быть одним из факторов роста заболеваемости болезнью Альцгеймера [1, 20, 22, 23] с увеличением возраста мужчин.

Тот же факт повышенной частоты избытков у женщин Al (13 %, ранг 2), Si (32 %, ранг 3), Ca (25 %, ранг 4), типичных для мужчин, дополняется ростом частоты избытков P (28 %, ранг 2), Se (5 %, ранг 3), а также в меньшей степени Fe, Mn и Zn (15; 39; 29 %, ранг 4). Соответственно у них может быть повышен риск тех же заболеваний, которые были упомянуты при рассмотрении гиперэлементозов у мужчин.

По сравнению с женщинами республики, среди мужчин в большей степени распространены риски гипоэлементозов. В первую очередь это касается Cr (18 %, ранг 2), затем Na и Se (по 27 %, ранг 3) и в меньшей степени Co и K (74; 35 %, ранг 4). В целом «элементный портрет» мужчин указывает на особую значимость отклонений в элементном статусе при формировании нарушений водно-солевого обмена, патологии мочевыделительной системы, метаболического синдрома и сахарного диабета II типа.

Среди женщин выявлена только повышенная частота низкого уровня Na в волосах (28 %, ранг 2), что согласуется с возможным влиянием отклонений в элементном статусе на водно-солевой обмен и патологию почек и мочевыделительных путей.

Элементный статус взрослых жителей Республики Татарстан может быть представлен в следующем виде:

$$\text{Женщины 25–50 лет: } \frac{Al(2)/Si(3)/P(2), Se(3), Ca, Fe, Mn, Zn(4)}{Na(2)/-}$$

$$\text{Мужчины 25–50 лет: } \frac{Al(4)/Si(3)/Ca(4)}{Cr(2), Na, Se(3), Co, K(4)/-}$$

Полученные данные по элементному портрету женщин Республики Татарстан лишь частично согласуются с полученными ранее результатами у женщин из Казани и Набережных Челнов. Общей чертой является повышенное накопление различных

токсичных элементов, что, вероятнее всего, вызвано производственными факторами, и сниженный уровень ряда эссенциальных микроэлементов. Объяснить расхождение результатов можно в первую очередь экологическими условиями проживания в различных городах (антропогенный фактор), а также сезонными колебаниями, локальными особенностями химического состава почв и воды [12]. Кроме этого, сравнение результатов осложняется еще и тем, что за довольно длительный промежуток времени между исследованиями изменилось питание и экологическая ситуация, что не могло не сказаться на содержании некоторых химических элементов в волосах. В настоящем исследовании предпринята попытка получить обобщенные данные по населению крупной административно-территориальной единицы России, при этом многие факторы влияния сглаживаются, остаются лишь ведущие особенности элементного состава волос жителей как отражение всего комплекса экологических, климатогеографических и биогеохимических особенностей региона.

Промышленный профиль республики определяют нефтегазохимический комплекс и крупные машиностроительные предприятия. Отсюда следует достаточно высокая степень загрязнения подземных и поверхностных вод с превышением ПДК ряда тяжелых металлов, более подробно информация представлена в Государственном докладе [4]. Загрязнены тяжелыми металлами и нефтепродуктами выше максимально допустимого уровня значительные площади сельскохозяйственных угодий, преимущественно в районах нефтедобычи и в окрестностях центров химии, нефтехимии, энергетики, машиностроения (города Казань, Зеленодольск, Нижнекамск, Заинск, Менделеевск, Альметьевск, Набережные Челны и др.).

Общим аспектом при сравнении результатов элементного анализа волос у мужчин, проживающих на территории республики, и результатов, полученных при обследовании мужчин-работников ОАО «КАМАЗ» [11] является накопление алюминия. На данном примере хорошо видна степень влияния производственного фактора, а именно значительно большее накопление токсикантов у работников завода по сравнению с населением, не занятым в производственной сфере.

В целом проведенная оценка элементного статуса населения Республики Татарстан показала, что ситуация с обеспеченностью микронутриентами взрослых жителей удовлетворительная, хотя у мужской части популяции дефициты встречаются относительно чаще. Последний факт может свидетельствовать о предрасположенности к развитию патологических процессов, ведущих к повышению заболеваемости населения [16–19]. Требуется анализа ситуация с возможным влиянием избыточного поступления Al и Si в организме на частоту болезни Альцгеймера и других пресенильных и сенильных деменций, почечной патологии, а дефицита Cr – на рост заболеваемости сахарным диабетом II типа у мужчин. К положитель-

ным фактам следует отнести незначительную частоту риска гипозэлементозов у женщин. Мужчины должны стать группой повышенного внимания для местного здравоохранения.

Список литературы

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М.: КМК, 2001. 83 с.
3. Агаджанян Н. А., Скальный А. В., Детков В. Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. 2013. № 11. С. 3–12.
4. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2013 году. Казань, 2014.
5. Иванов С. И., Подунова Л. Г., Скачков В. Б., Тутельян В. А., Скальный А. В., Демидов В. А., Скальная М. Г., Серебрянский Е. П., Грабеклис А. Р., Кузнецов В. В. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: ФЦГСЭН МЗ РФ, 2003. 56 с.
6. Ковальский В. В. Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1987. 76 с.
7. Любченко П. Н., Ревич Б. А., Левченко И. И. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами: методические рекомендации. Утв. МЗ СССР 28.11.1988 г. М., 1988. 24 с.
8. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б. Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей г. Мончегорска // Экология человека. 2004. № 2. С. 30–32.
9. Нотова С. В., Мирошников С. А., Болодурина И. П., Дидикина Е. В. Необходимость учета региональных особенностей в моделировании процессов межэлементных взаимодействий в организме человека // Вестник ОГУ. Биоэлементология. 2006. № 2. С. 59–63.
10. Скальная М. Г., Дубовой Р. М., Скальный А. В. Химические элементы — микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России: монография. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. 239 с.
11. Скальный А. В., Быков А. Т. Эколого-физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в восстановительной медицине. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003. 198 с.
12. Скальный А. В., Демидов В. А. Элементный состав волос как отражение сезонных колебаний обеспеченности организма детей макро- и микроэлементами // Микроэлементы в медицине. 2001. Т. 2. Вып. 1. С. 36–41.
13. Скальный А. В., Мирошников С. А., Нотова С. В., Болодурина И. П., Мирошников С. В., Алиджанова И. Э. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации // Экология человека. № 9. 2014. С. 14–17.
14. Унгурияну Т. Н., Новиков С. М., Бузинов Р. В., Гудков А. Б., Осадчук Д. Н. Риск для здоровья населения от химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в городе с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью // Гигиена и санитария. 2010. № 4. С. 21–24.

15. Чащин В. П., Сюрин С. А., Гудков А. Б., Попова О. Н., Воронин А. Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26.

16. Элементный статус населения России. Ч. 2. Элементный статус населения Центрального федерального округа Л. И. Афтанас и др.; под ред. А. В. Скального, М. Ф. Киселева. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2011. 423.

17. Элементный статус населения России. Ч. 3. Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов / Л. И. Афтанас и др.; под ред. А. В. Скального, М. Ф. Киселева. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2012. 448 с.

18. Элементный статус населения России. Ч. 4. Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов / Л. И. Афтанас и др.; под ред. А. В. Скального, М. Ф. Киселева. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2013. 576 с.

19. Элементный статус населения России. Ч. 5. Элементный статус населения Сибирского и Дальневосточного федеральных округов / Л. И. Афтанас и др.; под ред. А. В. Скального, М. Ф. Киселева. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2014. 544 с.

20. Bondy S. C. The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue // Neurotoxicology. 2010. 31(5) P. 575-581. doi: 10.1016/j.neuro.2010.05.009. Epub 2010 May 27.

21. Grabeklis A. R., Skalny A. V., Nechiporenko S. P., Lakarova E. V. Indicator ability of biosubstances in moderate occupational exposure to toxic metals // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2011. Vol. 25. P. 41–44.

22. Muñoz A. M., Agudelo G. M., Lopera F. J. Nutritional condition in patients with Alzheimer-type dementia from the neurosciences' group, Medellín 2004 // Biomedica. 2006. 26 (1). P. 113–125.

23. Peters S., Reid A., Fritschi L., de Klerk N., Musk A. W. Long-term effects of aluminium dust inhalation // Occup Environ Med. 2013. 70 (12). P. 864–868. doi: 10.1136/oemed-2013-101487. Epub 2013 Oct 8.

References

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Strochkova L. S. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya* [Human microelementoses: etiology, classification, organopathology]. Moscow, 1991, 496 p.
2. Agadzhanian N. A., Skalny A. V. *Khimicheskie elementy v srede obitaniya i ekologicheskii portret cheloveka* [Chemical elements in the environment and the human ecological portrait]. Moscow, 2001, 83 p.
3. Agadzhanian N. A., Skalny A. V., Detkov V. Yu. Elemental portrait of a man: morbiditydemography, and the problem of managing a nation's health. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 11, pp. 3-12. [in Russian]
4. *Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii prirodnnykh resursov i ob okhrane okruzhayushchei sredy Respubliki Tatarstan v 2013 godu* [State report on the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2013]. Kazan, 2014.
5. Ivanov S. I., Podunova L. G., Jumps V. B., Tutelian V. A., Skalny A. V., Demidov V. A., Rock M. G., Serebryansky E. P., Grabeklis A. R., Kuznetsov V. V. *Opredelenie khimicheskikh elementov v biologicheskikh sredakh i preparatakh metodami atomno-emissionnoi spektrometrii s induktivno*

svyazannoi plazmoi i mass-spektrometrii: Metodicheskie ukazaniya [Determination of chemical elements in biological fluids and drugs by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma mass spectrometry: Guidelines] (MUK 4.1.1482-03, MUK 4.1.1483-03). Moscow, 2003, 56 p.

6. Kovalsky V. V. *Geokhimicheskaya sreda i zhizn'* [Geochemical environment and life]. Moscow, 1987, 76 p.

7. Lyubchenko P. N., Revich B. A., Levchenko I. I. *Skriningovye metody dlya vyavleniya grupp povyshennogo riska sredi rabochikh, kontaktiruyushchikh s toksichnymi khimicheskimi elementami. Metodicheskie rekomendatsii* [Screening methods for identifying high-risk groups among workers exposed to toxic chemical elements. Methodical recommendations.] Utv. MZ SSSR 28.11.1988 g. Moscow, 1988, 24 p.

8. Nikanov A. N., Krivosheev U. K., Gudkov A. B. Effect of seaweed and drink "Algapekt" on the mineral composition of the blood in children - Monchergorsk residents. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 2, pp. 30-32. [in Russian]

9. Notova S. V., Miroshnikov S. A., Bolodurina I. P., Didikina E. V. Necessity of a regional perspective in the inter-element modeling of processes in the human body interactions. *Vestnik OGU. Bioelementologiya* [Bulletin OGU. Bioelementology]. 2006, 2, pp. 59-63. [in Russian]

10. Skalnaya M. G., Dubovoy R. M., Skalny A. V. *Khimicheskie elementy - mikronutrienty kak rezerv vosstanovleniya zdorov'ya zhitelei Rossii* [Chemical elements - micronutrients as a reserve of restore health in Russia]. Orenburg, 2004, 239 p.

11. Skalny A. V., Bykov A. T. *Ekologo-fiziologicheskije aspekty primeneniya makro- i mikroelementov v vosstanovitel'noi meditsine* [Ecological and physiological aspects of macro- and trace elements in regenerative medicine]. Orenburg, 2003. 198 p.

12. Skalny A. V., Demidov V. A. The elemental composition of hair as a reflection of seasonal fluctuations in availability in children with macro- and trace elements. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2001, 1 (2), pp. 36-41. [in Russian]

13. Skalny A. V., Miroshnikov S. A., Notova S. V., Bolodurina I. P., Miroshnikov S. V., Alidzhanova I. E. Regional features of elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 9, pp. 14-17. [in Russian]

14. Ungurjanu T. N., Novikov S. M., Buzinov R. V., Gudkov A. B., Osadchuk D. N. Public health risk from chemicals, air pollutants in the city with developed pulp and paper industry. *Gigiena i sanitariia*. [Hygiene and sanitation]. 2010, 4, pp. 21-24. [in Russian]

15. Chashhin V. P., Sjurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Ju. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina truda i promyshlennaya*

ekologiya [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2014, 9, pp. 20-26. [in Russian]

16. *Elementnyi status naseleniia Rossii. Ch. 2. Elementnyi status naseleniia Central'nogo federal'nogo okruga* [Elemental status of the Russian population. Pt. 2: Elemental status of the population of the Central Federal District]. L. I. Aftanas etc., eds. A. V. Skalny, M. F. Kiselev. Saint Petersburg, 2011. 423 p.

17. *Elementnyi status naseleniia Rossii. Ch. 3. Elementnyi status naseleniia Severo-Zapadnogo, Juzhnogo i Severo-Kavkazskogo federal'nykh okrugov* [Elemental status of the Russian population. Pt. 3: Elemental status of the North-West, South and North Caucasian Federal Districts]. L. I. Aftanas etc., eds. A. V. Skalny, M. F. Kiselev. Saint Petersburg, 2012, 448 p.

18. *Elementnyi status naseleniia Rossii. Ch. 4. Elementnyi status naseleniia Privolzhskogo i Ural'skogo federal'nykh okrugov* [Elemental status of the Russian population. Pt. 4: Elemental status of the population of the Volga and Ural Federal Districts]. L. I. Aftanas etc., eds. A. V. Skalny, M. F. Kiselev. Saint Petersburg, 2013, 576 p.

19. *Elementnyi status naseleniia Rossii. Ch. 5. Elementnyi status naseleniia Sibirskogo i Dal'nevostochnogo federal'nykh okrugov* [Elemental status of the Russian population. Pt. 5: Elemental status of the population of the Siberian and Far Eastern Federal Districts]. L. I. Aftanas etc., eds. A. V. Skalny, M. F. Kiselev. Saint Petersburg, 2014, 544 p.

20. Bondy S. C. The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue. *Neurotoxicology*. 2010. 31(5) P. 575-581. doi: 10.1016/j.neuro.2010.05.009. Epub 2010 May 27.

21. Grabeklis A. R., Skalny A. V., Nechiporenko S. P., Lakarova E. V. Indicator ability of biosubstances in moderate occupational exposure to toxic metals. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2011, 25, pp. 41-44.

22. Muñoz A. M., Agudelo G. M., Lopera F. J. Nutritional condition in patients with Alzheimer-type dementia from the neurosciences' group, Medellín 2004. *Biomedica*. 2006, 26 (1), pp. 113-125.

23. Peters S., Reid A., Fritschi L., de Klerk N., Musk A. W. Long-term effects of aluminium dust inhalation. *Occup Environ Med*. 2013, 70 (12), pp. 864-868. doi: 10.1136/oemed-2013-101487. Epub 2013 Oct 8.

Контактная информация

Березкина Елена Сергеевна — кандидат биологических наук, Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, ведущий эксперт

Адрес для переписки: 105064, Москва, ул. Земляной Вал, 46

E-mail: aposteriori2@gmail.com