

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОЗА ИЗБЫТКА АЛЮМИНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

Н.А. Гресь*, Е.О. Гузик

Белорусская медицинская академия последиplomного образования, г. Минск, Республика Беларусь

РЕЗЮМЕ. Изучена распространенность элементоза избытка алюминия у 1737 практически здоровых жителей Республики Беларусь в возрасте 10–60 лет (дети – 1256, взрослые – 481) по данным элементного анализа волос методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. Медиана содержания алюминия в различных возрастно-половых группах в целом соответствует средним значениям референса с достоверно более высокими показателями у мужчин и детей. При индивидуальной оценке содержания алюминия в волосах в 12,6% случаев установлено превышение критического уровня металла (> 20 мкг/г). Сравнительная оценка данных элементного анализа крови и волос у 124 здоровых взрослых в возрасте 18–60 лет показала информативность обоих биосубстратов при определении степени нагрузки организма алюминием. При оценке элементного спектра волос рассмотрена диагностическая значимость коэффициента Ca/Al. Изучен вклад основных факторов, формирующих нагрузку организма алюминием у жителей Беларуси (вода, рацион питания, бытовые источники).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: алюминий, кальций, волосы, кровь, дети, взрослые, вода, рацион питания, металлотоксикоз алюминия.

ВВЕДЕНИЕ

Как сказал в одной из своих лекций известный в США доктор Exley Chris (2006) – «сегодня мы живем в век алюминия». Хронически формирующиеся латентные токсические эффекты этого металла в силу широкого его использования населением в повседневной жизни рассматриваются как выражение медленно наступающей глобальной экологической катастрофы. Присутствие данного микроэлемента в том или ином виде (преимущественно в трехвалентной форме) обнаружено практически во всех органах человека. Представленный материал освещает некоторые актуальные вопросы формирования нагрузки алюминием организма здоровых детей и взрослого населения Республики Беларусь, не занятого в производственной сфере, определяемой образом жизни, питанием и бытовыми условиями.

Целью настоящего исследования явилось изучение частоты и причин формирования микроэlementоза избытка алюминия у населения Беларуси, не занятого в производственной сфере, исходя из оценки различных уровней содержания элемента в организме с позиций значимости их влияния на сбережение здоровья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Уровень депонирования в организме алюминия и его эссенциального антагониста кальция по данным элементного скрининга волос изучен у 1737 практически здоровых жителей Республики Беларусь в возрасте 10–60 лет: дети – 1256, взрослые – 481; соотношение мужчин и женщин – 1:1,7. Помимо данной выборки, у 124 практически здоровых взрослых 18–60 лет проведен одновременный анализ содержания алюминия и кальция в волосах, цельной крови и сыворотке крови.

Исследование осуществлено соответственно методологии проведения элементного медико-экологического скрининга, разработанной проф. А.В. Скальным и изложенной в его трудах (Оберлис и др., 2008; Скальный, Рудаков, 2004), и инструкции «Методика определения микроэлементов в диагностирующих биосубстратах атомной спектроскопией с индуктивно связанной плазмой» (2003). Анализ выполнен с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (спектрометры Vista PRO, «Varian», США; Ultima 2, «Horiba Jobin Ivon», Франция). Минерализация волос для подготовки пробы к измерениям проводилась с применением системы микроволновой пробоподготовки MARS-5 (CEM, USA). В качестве стандарта использован образец волос производства Шанхайского института ядерной физики АН КНР (GBW09101).

* Адрес для переписки:

Гресь Ника Александровна
E-mail: n_gres@mail.ru

Содержание алюминия и кальция в биосубстратах оценивались согласно разработанным референтным значениям (табл. 1), представленным авторами в соответствующих публикациях (Bertram, 1992; Скальная и др., 2003; Тиц, 2003; Оберлис и др., 2008).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование понятия «уровень алюминия, опасный для здоровья индивидуума»

Для оценки биологических эффектов тяжелых металлов необходимо определить «лимитирующую концентрацию» элемента, исходя из его наименьшего количества, способного оказать негативное влияние, где главным показателем является здоровье человека (Шоу и др., 2009). При изучении влияния малых доз алюминия трудность в

получении достоверной информации обусловлена неоднозначностью роли этого металла в организме, обусловленной, в первую очередь, дозовой зависимостью его эссенциального и токсического воздействия. Ранжирование уровней содержания алюминия в организме человека с учетом их безопасности для установления границ нормального содержания в исследуемых биосубстратах является первоначальным шагом на пути определения потенциально опасной для здоровья индивидуума концентрации.

Этапу изучения степени нагрузки алюминием организма жителей Республики Беларусь по данным элементного скрининга волос предшествовало исследование содержания алюминия и кальция в цельной крови, сыворотке крови и волосах одновременно у 124 практически здоровых взрослых в возрасте 18–60 лет, результаты которого приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 1. Референтные показатели содержания алюминия и кальция в биосубстратах

Элемент	Биосубстрат	Референтные значения	Единицы	
Кальций	Цельная кровь (Оберлис и др., 2008)	60,5±0,2	мг/л	
	Сыворотка крови (Тиц, 2003)	2,1–2,6	ммоль/л	
	Волосы (Bertram, 1992; Скальная и др., 2003; Оберлис и др., 2008)	мужчины	400–800	мкг/г
		женщины	550–1700	
		мальчики	350–750	
девочки		500–1200		
Алюминий	Цельная кровь (Оберлис и др., 2008)	≤ 0,39	мг/л	
	Волосы (Bertram, 1992; Оберлис и др., 2008)	0,8–10	мкг/г	

Таблица 2. Содержание алюминия и кальция в крови и ее компонентах у здоровых взрослых в зависимости от пола

Показатель статистики	Алюминий				Кальций	
	Цельная кровь, мг/л		Цельная кровь, мг/л		Сыворотка крови, ммоль/л	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
X ± Sx	2,59±0,81	4,59±0,56	64,06±2,28	67,53±1,18	2,17±0,02	2,19±0,03
Медиана (q25–q75)	0,87 (0,00–1,72)	1,85 (0,30–8,43)	62,60 (52,57–75,00)	66,40 (60,33–73,32)	2,16 (2,10–2,27)	2,17 (2,08–2,21)
Min–max	0,0–12,24	0,0–16,08	48,08–80,93	49,79–94,71	1,89–2,46	1,71–2,58

Таблица 3. Содержание алюминия и кальция в волосах у здоровых взрослых в зависимости от пола (мкг/г)

Показатель статистики	Алюминий		Кальций	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Медиана (q25–q75)	16,54 (11,43–20,13)	15,00 (9,01–17,74)	594,4* (460,8–966,2)	1522,0* (1238,7–1755,9)
Min–max	5,67–75,8	3,64–55,41	144,21–1645,7	370,6–2046,9

Примечание: * – p < 0,05 (тест Манна–Уитни).

Данные о среднем уровне алюминия и кальция в цельной крови и сыворотке крови целенаправленно приведены с учетом как средних значений, так и медианы (табл. 2).

В то же время для оценки уровня этих биоэлементов в волосах использована только величина медианы (табл. 3).

Такой подход к представлению статистических показателей позволяет, с нашей точки зрения, уже на предварительном этапе оценки данных получить дополнительную информацию, которая определяет выбор биосубстрата в зависимости от целей исследования. Соотношение средней и медианы кальция в цельной крови и сыворотке крови, близкое к единице (1,00–1,05), свидетельствуя о правильном распределении, является показателем жесткого гомеостатического регулирования в рассматриваемой биосреде данного макроэлемента, значения которого в крови и ее компонентах являются константой. В то же время превышающая единицу эта пропорция для алюминия крови (среднее/медиана на уровне 2,48–2,97) говорит о случайности распределения металла в биосубстратах и произвольной его регулируемости в силу чужеродности. Соответственно при изучении уровня депонирования в организме этих двух биоэлементов кровь и ее компоненты, определяя количественное содержание поступившего алюминия, не предоставляют такой информации о кальции.

Кроме того, используемое соотношение средней и медианы, характеризуя тип распределения (правильное/неправильное), определяет выбор методов статистической обработки: параметрический (кальций крови) и непараметрический (алюминий крови, алюминий и кальций волос). Авторы посчитали необходимым сделать подобную ссылку и обратить на это внимание, так как показатели элементного спектра волос относятся к наблюдениям, имеющим чаще всего неравные дисперсии, что определяет необходимость использования при статистической обработке преимущественно непараметрических критериев (табл. 3 и 4). Вместе с тем в публикациях при оценке результатов многоэлементного спектрометрического исследования этого биосубстрата имеет место использование значений как средней, так и медианы, что может привести к неоднозначной трактовке данных и затруднению их сопоставительной оценки при обзоре информации.

Изучение уровня депонированного в организме алюминия. Диапазон колебания индивидуальных показателей содержания алюминия в цельной крови здоровых взрослых значителен: от 0,0 до 16,08 мг/л. при допустимом содержании металла в данном биосубстрате до 0,39 мг/л. Уровень алюминия > 0,39 мг/л выявлен у 70,97% обследуемых. Соответственно, характерны высокие значения как средней, так и медианы (см. табл. 2)

Корреспондирует с данной информацией исследование элементного спектра волос (см. табл. 3): медиана показателя составила 16,5 мкг/г у муж-

чин и 15,0 мкг/г у женщин, превышая значения верхнего биологически допустимого уровня (10 мкг/г). Размах индивидуальных значений депонированного в волосах алюминия составил 3,64–75,8 мкг/г. Превышение в волосах критического уровня этого токсичного металла (≥ 20 мкг/г) зарегистрировано у 27,3% обследованных. Для оценки диапазона величины алюминия, превышающей средний уровень, но не достигающей критического содержания, использовано такое понятие, как «уровень обеспокоенности» (concern level), предложенное американскими исследователями при изучении содержания в организме свинца (Зайцев и др., 2004). Это «удобно» в практическом отношении для выделения группы риска по накоплению алюминия, которая в представленной выборке составила 46,9%.

Различный процент лиц с высокими значениями алюминия в биосубстратах (цельная кровь – 70%; волосы – 27,3%) не противоречит оценке обоих биоиндикаторов как диагностически информативных: показатели отражают данные, имеющие различные временные характеристики (недели — для крови и месяцы — для волос).

Определение обеспеченности организма кальцием. Содержание кальция в цельной крови и сыворотке крови имеет во всех сравниваемых группах равновеликие статистические параметры, соответствующие норме, с отсутствием половых различий (см. табл. 2). В качестве биологического индикатора общего количества макроэлемента в организме элементграмма крови не может быть использована. Даже при значительном обеднении депо кальция в органах и тканях нормальная его концентрация в данном биосубстрате сохраняется за счет влияния гомеостатических регулирующих механизмов, обеспечивающих стабильность внутренней среды. Изменение ее возможно только при развитии в организме острой метаболической катастрофы.

В то же время спектральный анализ волос (см. табл. 3) выявил половые различия баланса кальция с достоверным его превышением у женщин ($Me = 1522,0$ мкг/г) по отношению к мужчинам ($Me = 594,4$ мкг/г). Распределение содержания кальция в волосах с большим диапазоном индивидуальных колебаний (144,21–2046,9 мкг/г) позволило также выделить группы с отклонениями содержания макроэлемента по отношению к биологически допустимому уровню, которые могут быть охарактеризованы как имеющие состояние предефицита (11,1%) и дефицита (2,5%).

Диагностическая информативность соотношения Ca/Al. Для оценки, по данным элементного спектра волос, степени влияния токсичного алюминия на метаболизм рассмотрено его соотношение с эссенциальным кальцием, выраженное коэффициентом Ca/Al (отн.ед.). Метаболические связи этих биоэлементов подтверждают следующие положения:

выявлена способность алюминия влиять на функцию парашитовидных желез, продуцирую-

щих основной гормон, который регулирует баланс кальция в организме человека (Скальный, Рудаков, 2004);

корреляция коэффициента Ca/Al ($p < 0,05$) во всех анализируемых возрастно-половых группах констатирована на уровне положительной высокой ($r_s = +0,72-0,83$) с кальцием и отрицательной заметной ($r_s = -0,55-0,66$) с алюминием;

имеющие место недостоверные слабые ($r_s = 0,18-0,37$) связи кальция и алюминия логичны в силу произвольного неконтролируемого поступления этих биоэлементов из объектов среды обитания, в то время как пропорция Ca/Al отражает взаимоотношения, формирующиеся в процессе регулируемого в организме человека их обмена.

В доступной литературе авторы не нашли конкретных нормативов этого индекса. На данном этапе развития медицинской элементологии многие показатели находятся в стадии разработки референтных значений. Сложность проблемы формирования нормативных величин коэффициента Ca/Al заключается в том, что уровень депонированных в волосах составляющих его химических элементов имеет статистически значимые возрастно-половые различия, которые, как уже отмечалось, например, для кальция доказаны многочисленными исследованиями с соответственно разработанными нормативами (см. табл. 1). Тем не менее для выявления возможных токсических эффектов алюминия в организме человека целесообразно попытаться использовать «индекс Ca/Al», колебания значений которого авторы определили в виде «рабочих величин», полученных в результате деления референтных возрастно-половых значений обоих элементов и выраженных в относительных единицах:

у лиц мужского пола – 35–70 (дети) и 40–60 (взрослые) отн. ед.;

у лиц женского пола – 50–120 (дети) и 55–170 (взрослые) отн. ед.

Данный коэффициент формировался с учетом диапазона референтных значений содержания кальция у детей и взрослых в зависимости от фактора пола (см. табл. 1) и верхней границы биологически допустимого уровня алюминия в волосах, составляющей значение 10,0 мкг/г.

Оценивая полученные значения пропорции, авторы рассматривали в качестве негативного фактора влияния как высокие значения алюминия, так и низкий уровень обеспеченности кальцием. Понимая относительность такой оценки показателя, возможно ориентироваться на высокие значения коэффициента Ca/Al как выражение снижения токсического влияния повышенных доз алюминия на метаболизм при достаточном обеспечении кальцием организма человека. С другой стороны, низкие значения соотношения Ca/Al в ситуации, когда имеет место дефицит кальция, могут расцениваться как доминирование токсического воз-

действия на обменные процессы даже биологически допустимого содержания алюминия в организме человека. В рассматриваемой выборке в 11,1% случаев значения коэффициента Ca/Al колебались в диапазоне 7,2–40,3 отн. ед., что у 1/3 обследованных было обусловлено высоким уровнем алюминия (22,5–75,81 мкг/г), а в остальных случаях – сочетанием нормального/умеренно повышенного (11,42–18,05 мкг/г) уровня алюминия с низкими значениями кальция.

Таким образом, при оценке степени нагрузки организма человека алюминием для выявления его потенциально возможных токсических эффектов можно использовать следующие показатели.

1. Уровень депонированного в организме алюминия, о степени нагрузки организма человека которым уведомляет как анализ крови, так и исследование волос.

2. Обеспеченность эссенциальным элементом-антагонистом алюминия – кальцием по данному элементного спектра волос.

3. Коэффициент Ca/Al в качестве дополнительного критерия метаболических эффектов алюминия по результатам исследований элементного спектра волос.

Распространенность микроэлементоза избытка алюминия у жителей Республики Беларусь

Информация о балансе изучаемых химических элементов по данным элементного мониторинга волос у детского и взрослого населения Республики Беларусь ($n = 1737$) представлена в табл. 4.

Медиана содержания алюминия в волосах обследованных (7,0–8,9 мкг/г) в различных возрастно-половых группах в целом соответствует средним значениям референса (0,8–10 мкг/г) при достоверно более высоких показателях у лиц мужского пола по сравнению с женщинами. Оценка индивидуальных показателей (диапазон колебаний 0,1–298,2 мкг/г) выявила превышение критического уровня металла у 12,6% обследованных. Наибольшим является этот показатель у лиц мужского пола по сравнению с женщинами как у детей (соответственно 19,8 и 8,2%), так и у взрослых (17,6 против 4,7%). Численность обследованных с количеством алюминия в волосах, соответствующим «уровню обеспокоенности», составляет 42,6% при доминировании детей и лиц мужского пола. По данным оценки коэффициента Ca/Al (отн. ед.), в данной выборке при среднем содержании кальция в волосах соответственно пределам референса более низкие показатели Ca/Al зарегистрированы чаще у лиц мужского пола (65,6%) по сравнению с женщинами (34,4%), особенно у детей и подростков, что отчасти может быть обусловлено достоверным ($p < 0,001$) физиологически более низким уровнем депонированного в волосах кальция (табл. 4).

Таблица 4. Содержание и соотношение кальция и алюминия в волосах жителей Беларуси в возрастном-половом аспекте

Показатель	Показатель статистики	Дети		Взрослые	
		Мальчики	Девочки	Мужчины	Женщины
Алюминий, мкг/г	Медиана (q25–q75)	8,1* (6,3–20,2)	7,8* (5,6–11,8)	8,9* (5,5–16,5)	7,0* (3,5–13,8)
	Min–max	1,7–298,2	0,1–110,0	0,45–81,6	0,9–93,1
Кальций, мкг/г	Медиана (q25–q75)	376,6* (283,3–584,2)	1114,0* (715,8–1671,5)	576,6* (411,6–826,4)	1639,5* (1049,2–2761,0)
	Min–max	59,0–2647,1	113,9–8277,3	142,0–3498,2	101,6–10272,1
Коэффициент Ca/Al, отн. ед.	Медиана (q25–q75)	40,5* (25,5–68,4)	131,3* – (71,7–234,3)	69,4* (40,2–115,3)	311,9* (152,0–710,3)
	Min–max	6,3–607,0	10,1–14470,0	1,0–1131,3	15,8–15702,6

Примечание: * – $p < 0,001$ – достоверность межполовых различий (тест Манна–Уитни).

Возрастно-половые различия баланса кальция в организме человека, выражающиеся в более низком уровне метаболически активного кальция у мужчин по сравнению с женщинами и у детей в отличие от взрослых, могут способствовать повышению активности усвоения тканями алюминия, определяя мужской пол и детский возраст как факторы риска развития алюминиевого металлотоксикоза.

Факторы, формирующие нагрузку организма человека алюминием у жителей Республики Беларусь

Уровень алюминия в питьевой воде. С питьевой водой в организм человека попадает не более 5–8% от суммарно поступающего количества алюминия. Биодоступность алюминия из питьевой воды – постоянного источника поступления в организм большинства химических элементов, требует осуществления регулярного контроля за его содержанием. Используемый при водоподготовке для удаления вредных примесей в качестве пептизатора оксид алюминия является дополнительным фактором риска поступления в обрабатываемую воду ионов алюминия, особенно при повышенном загрязнении воды, когда ее очистка требует увеличения концентрации флокулента. Основным источником централизованного водоснабжения населения Республики Беларусь являются подземные воды, колебания концентрации алюминия в которых составляет от 0,01 до 11,0 мг/л при ПДК – 0,5 мг/л

(Кудельский, 2011). Городской коммунальный водопровод г. Минска эксплуатирует в основном артезианские подземные водозаборы. Исключение составляют два района (Фрунзенский и Московский), использующие питьевую водопроводную воду из смешанного (преимущественно открытого) источника.

Содержание металла в питьевой водопроводной воде г. Минска изучено в сопоставлении с его уровнем в волосах населяющих эту территорию 698 детей. Проведена элементная атомно-эмиссионная спектроскопия 54 проб водопроводной воды из различных административных районов г. Минска и выкопировка показателей минерального состава 279 проб водопроводной воды на уровне насосных станций II подъема (результаты исследования Минского городского центра гигиены и эпидемиологии). По данным обобщенной информации, диапазон минимальных и максимальных значений содержания ионов алюминия в питьевой воде зафиксирован от $< 0,0001$ до 0,46 мг/л. Исходя из санитарно-токсикологического норматива Республики Беларусь, это не превышает показатель вредности для металла, соответствующий 0,5 мг/л (СанПиН, 2010).

Однако относительно Европейского стандарта (Руководство, 2004), составляющего 0,2 мг/л, содержание алюминия 0,27–0,46 мг/л в 3,6% проб можно расценить как повышенное. Данный уровень алюминия выявлен в водопроводной воде Фрунзенского и Московского районов столицы (смешанный источник водоснабжения), где сред-

нее значение концентрации алюминия в воде составило 0,3 мг/л при максимальном показателе в остальных районах – 0,01 мг/л. Исследование уровня депонирования в волосах алюминия у проживающих там школьников констатировало достоверно ($p < 0,05$) более высокие значения медианы микроэлемента (13,4 мкг/г) при средних значениях по другим административным районам г. Минска – 8,8 мкг/г, а процент детей с превышением среднего биологически допустимого уровня металла в волосах составил соответственно 57,7 против 29,25%.

Содержание алюминия в рационе питания.

Информация о содержании алюминия в рационе питания детей г. Минска, посещающих детские дошкольные учреждения, базировалась на следующих исследованиях.

1. Проведено ретроспективное (за предшествующий год) и проспективное (в период исследований) изучение меню-раскладок ($n = 477$). Расчет поступления алюминия с пищей проведен на основании справочных значений таблиц химического состава пищевых продуктов (Скурихина, Волгарева (ред.), 1987).

2. Для лабораторного исследования отбирались пробы 36 суточных рационов (завтрак, обед, полдник и ужин) в избранные будние дни.

3. Концентрация алюминия в суточных рационах исследована методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП). Параллельно проведен расчетным методом анализ химического состава исследованных суточных рационов (Скурихина, Волгарева (ред.), 1987).

По данным меню-раскладок, среднее содержание алюминия в рационе составило $1,88 \pm 0,03$ мг/сут. В действующих СанПиНах РБ и РФ алюминий в питании детей не нормируется. В то же время результаты лабораторного исследования суточных рационов в учреждениях дошкольного образования свидетельствуют, что потребление алюминия с пищей было на уровне $5,23 \pm 0,51$ мг/сутки и превышало расчетные данные более чем в 2,5 раза ($p < 0,01$). Это может быть обусловлено, по нашему мнению, миграцией металла в процессе технологической обработки пищевых продуктов.

При величине переносимого суточного потребления алюминия на уровне 1 мг/кг веса, установленной Совместным комитетом экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам, суточное поступление микроэлемента у детей дошкольного возраста составило $0,29 \pm 0,03$ мг/кг веса. Таким образом, при изучении содержания алюминия в рационе детей, посещающих дошкольные учреждения, несмотря на имеющийся риск его увеличения в период хранения и приготовления блюд, повышенной нагрузки этим металлом не выявлено.

В структуре питания населения Республики Беларусь одно из ведущих мест занимают овощи.

Содержание алюминия в корнеплодах (свекла, картофель, огурцы, томаты, капуста, лук, морковь), выращенных на сельскохозяйственных территориях республики, исследовано в пробах, взятых во всех регионах страны (Зайцев и др., 2004). Диапазон колебаний средних показателей уровня этого металла составил 0,2–5,5 мг/кг. Практически во всех пробах данной группы овощей уровень содержания алюминия не выходит за пределы допустимых разработанных справочных значений (Скурихина, Волгарева (ред.), 1987). Исключение составил один из районов Гомельской области (наиболее пострадавший в результате катастрофы на Чернобыльской атомной станции), где зарегистрировано незначительное превышение содержания этого металла в луке репчатом: 4,4 при допустимом значении 4,0 мг/кг.

Другие источники формирования нагрузки организма алюминием. Изучение возможных бытовых источников поступления алюминия в организм у населения РБ базировалась на результатах проведенного анкетирования детей и взрослых ($n = 700$). Систематически пользуются алюминиевой посудой 33% опрошенных, бытовой техникой с алюминиевыми емкостями для приготовления пищи – 13%. Покупают напитки в алюминиевых упаковках 39%. Фольгу для приготовления или упаковки пищи применяют в 50% случаев. Предпочтения при формировании продовольственного набора с большой долей продуктов, отличающихся повышенным содержанием этого металла – колбаса, сосиски, сардельки, печень, почки, консервы, плавленые и мягкие сыры (Anke et al., 2009), констатированы практически у половины опрошенных. Достаточно распространенным (76% взрослых) является применение дезодорантов на основе алюминия. Содержащие алюминий лекарственные средства (альмагель, нестероидные противовоспалительные средства и др.) регулярно курсами принимают 29% анкетированных. В наших исследованиях наиболее высокие значения алюминия в волосах ($93,4–298,0$ мкг/г) отмечены у 0,4% лиц, получавших длительные курсы препаратов антацидного действия (альмагель, фосфалюгель и др.) при лечении хронического гастрита и гастродуоденита. В представленной выборке 24% респондентов не информированы о вреде, который может быть нанесен человеку при избыточном поступлении алюминия в организм, связанном с бытовыми факторами. В первую очередь, это касается незнания гигиенических правил использования алюминиевой посуды и бытовой техники с алюминиевыми емкостями.

Область экономики, имеющая отношение к металлургии цветных металлов, в Республике Беларусь представлена государственным объединением «Белвормет» и цехами алюминиевого литья «Минского моторного завода» и «Осиповичского завода автомобильных агрегатов». В отчетных документах санитарно-эпидемиологической службы республики информация о превы-

шении выбросов различных соединений алюминия в атмосферный воздух на территории страны отсутствуют (Государственный доклад, 2013).

В итоге, согласно приведенным данным, формирование повышенной нагрузки алюминием у жителей Беларуси может быть обусловлено в основном образом жизни. При допустимых в целом уровнях содержания иона Al^{3+} в пище, воде, лекарственных препаратах, пищевых добавках суммарное поступление этого металла из различных источников может привести к превышению его общей дозы с накоплением в организме опасной для здоровья концентрации в результате биоаккумуляции.

Следует учитывать, что развитие металлотоксикоза алюминия потенциально возможно не только при абсолютном, но и относительном избытке металла в организме на фоне дефицита его эссенциальных элементов-антагонистов (кальция, магния, кремния).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке здоровьесберегающих технологий для решения проблемы уменьшения поступающего в организм человека алюминия первоочередная роль принадлежит усилению санитарно-гигиенического контроля за возможными его бытовыми источниками (вода, пища, посуда, лекарственные средства и др.) и информированности населения о вреде при избыточном поступлении этого токсичного металла.

Одной из нерешенных проблем является определение уровня алюминия, оказывающего токсическое воздействие на метаболизм. Отчасти это может обеспечить индивидуальный подход с учетом не только количества депонированного в организме микроэлемента, но и изучение обеспеченности человека эссенциальным антагонистом алюминия – кальцием с ортогональной оценкой пропорции Ca/Al . При исследовании хронического поступления микроэлемента в организм также должны учитываться особенности его трофического переноса, приводящие к формированию ситуации, когда патологические изменения могут происходить при уровнях металла, рассматриваемых ранее как безопасные (Robson, 2003).

Возможности регуляции баланса алюминия в биосистеме «человек – среда обитания» на данном этапе развития общества ограничены. Реально, в первую очередь, можно рассматривать следующие.

1. Контроль за количеством алюминия, ежедневно поступающего в организм человека с водой (фиксированная величина), пищей (относительно фиксированная величина) и из множества других бытовых источников (величина не поддается точным измерениям), пока может осуществляться только единственно действенным спосо-

бом – нормированием содержания соединений металла в питьевой воде.

2. Для формирования полноценного рациона питания необходимо включение набора микро-нутриентов, обеспечивающих достаточное поступление в организм эссенциальных элементов – антагонистов алюминия (кальций, магний и др.).

Согласно мнению Всемирной организации здравоохранения, на сегодняшний день имеется недостаточное данных относительно величины концентрации алюминия, негативно воздействующей на здоровье людей, профессионально не связанных с данным металлом, для определения конкретных рекомендаций. В силу различных методологических причин нельзя рассчитать с высокой точностью оценки риска для населения. Вместе с тем даже такие неточные прогнозы могут быть полезны при принятии решений о необходимости контроля воздействия на организм различных доз алюминия в общей популяции (World Health Organization, 2008).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Барашков Г.К., Зайцева Л.И. Использование законов межэлементных взаимодействий для понимания механизмов некоторых заболеваний человека. Биомедицинская химия. 2008, 54(3):266–277.

(Barashkov G.K., Zaytseva L.I. [Using the laws of inter-element interactions for understanding the mechanisms of some human diseases]. *Biomeditsinskaya khimiya*. 2008, 54(3):266–277 [in Russ]).

Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2012 году». Минск. 2013. 193 с.

([On the sanitary-epidemiological situation in the Republic of Belarus in 2012]. State report. Mnsk., 2013 [in Russ]).

Зайцев В.А., Шуляковская О.В., Ивашкевич Л.С., Бельшева Л.Л., Гонта П.П., Воронцова О.В. Справочные таблицы содержания основных пищевых компонентов в овощных культурах, выращенных в разных областях республики. Минск, 2004. 20 с.

(Zaytsev V.A., Shulyakovskaya O.V., Ivashkevich L.S., Belysheva L.L., Gonta P.P., Vorontsova O.V. [Reference tables of contents of basic food components in vegetable plants grown in different regions of the republic]. Minsk, 2004 [in Russ]).

Кудельский А.В. Пресные подземные воды как основной источник питьевого водоснабжения в Республике Беларусь: ресурсы, качество, проблемы водопользования. Сб. материалов IV Международного Водного Форума 12–13 октября 2010 г., Минск. Стратегические проблемы охраны и использования водных ресурсов. Минск, 2011. С. 23–30.

(Kudelskiy A.V. [Fresh groundwater as the main source of drinking water supply in the Republic of Belarus: resources, quality and water management issues]. Proc. IV Int. Meeting on Strategic Problems of Protection and Use of Water Resources; 12–13 Oct 2010. Minsk, 2011. 23–30. [in Russ]).

Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. С-Пб: Наука, 2008. 543 с.

(Oberleas D., Harland B., Skalny A. [Biological role of macro and trace elements in humans and animals]. Saint Petersburg, 2008 [in Russ]).

Руководство по обеспечению качества питьевой воды. ВОЗ. 3-е изд. Том I. Женева, 2004. 63 с.

(WHO. Surveillance of drinking water quality. 3rd ed. Geneva, 2004).

СанПиН «Критерии гигиенической безопасности полимерных материалов, применяемых в системах питьевого водоснабжения». Постановление Главного государственного санитарного врача РБ от 18.01.2010 г. № 8.

([Sanitary Regulations and Norms. Criteria for hygienic safety of polymer materials used in drinking water systems]. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of Belarus No.8 from 18.01.2010 [in Russ]).

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. 4(2):5–10.

(Skalnaya M.G., Demidov V.A., Skalny A.V. [On the limits of physiological (normal) content of Ca, Mg, P, Fe, Zn and Cu in human hair]. Trace elements in medicine (Moscow). 2003, 4(2):5–10 [in Russ]).

Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: «ОНИКС 21 век», 2004. 271 с.

(Skalny A.V., Rudakov I.A. [Bioelements in medicine]. Moscow, 2004 [in Russ]).

Скурихина И.М., Волгарева М.Н. (ред.) Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. М.: ВО Агропромиздат, 1987. 223 с.

(Skurikhina I.M., Volgareva M.N. (eds.). [Chemical composition of foods. Reference tables of amino acids, fatty acids, vitamins, macro- and trace elements, organic acids and carbohydrates]. Moscow, 1987 [in Russ]).

Тиц Н. Клиническое руководство по лабораторным тестам. М, 2003. 941 с.

(Tits N. [Clinical guidelines for laboratory tests]. Moscow, 1987 [in Russ]).

Шоу Б.П., Прасад К.С., Джа В.К., Саху Б.Б. Механизмы детоксикации и защиты растений, подвергнутых воздействию металлов. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация. Под ред. М.Н.В. Прасада, К.С. Саджавана, Р. Наиду. М.: Физматлит, 2009, 16:309–349.

(Shaw B.P., Prasad K.S., Jha V.K., Sahu B.B. [Mechanisms of detoxification and protection of plants exposed to metals]. In: Prasad M.N.V., Sajwan K.S., Naidu R. (eds.). [Trace elements in the environment: biogeochemistry, biotechnology, and bioremediation]. Translated from English. Moscow, 2009. 309–349 (in Russ)).

Anke M., Muller M., Muller R., Zerull J. et al. The biological importance of Aluminium in the Food Chain of Animals and Man: Intake, Apparent Absorption Rate, Balance and Limiting Concentrations. Микроэлементы в медицине, 2009. 10(1-2):1–16.

(Anke M., Muller M., Muller R., Zerull J. et al. The biological importance of Aluminium in the Food Chain of Animals and Man: Intake, Apparent Absorption Rate, Balance and Limiting Concentrations. Trace elements in medicine (Moscow). 2009, 10(1-2):1–16).

Bertram H.P. Spurenelemente: Analytik, toxikologisch und medicinisch. Klinische Bedeutung. Munchen, Wien, Baltimore, Urban und Schwarzenberg, 1992. 228 p.

Exley C., Korchashkina O., Job D., Strecopytov S. Non-invasive therapy to reduce the body burden of aluminium in Alzheimer's disease. J of Alzheimer's Disease. 2006, 10:17–24.

Robson M. Methodologies for assessing exposures to metals human host factors. Ecotox. nviron. Safety. 2003, 56(1):104–109.

World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating 1st and 2nd addenda. Vol.1. Recommendations. 3rd ed. 2008.

HYGIENIC ASPECTS OF ALUMINUM OVERDOSE FORMING AMONG HUMANS

N.A. Gres, O.E. Guzik

Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Brovki str., 3, korp. 3, Minsk, 220013, Republic of Belarus

ABSTRACT. Prevalence of aluminum excess was investigated among 1737 healthy inhabitants of Belarus 10–60 years of age according to elemental analysis of hair using atomic emission spectrometry. Median of aluminum content in different age and gender groups corresponds to the reference average with significantly higher rates in males and children. The excess over the critical level of aluminum in hair (> 20 mg/g) was found in 12.6% cases. The number of examinees with the amount of aluminum in hair on the «level of concern» (risk group for metal toxicosis), is 42.6% with the dominance of children and males. Comparison of the data on elemental analysis of blood and hair in 124 healthy adults aged 18–60 years showed both biosubstrates to be informative when determining the extent of body load with aluminum. Only data of the element spectrometry of hair represent objective information about the level of deposit of an antagonist of aluminum – calcium. Physiological significance of the Ca/Al coefficient is formed by age and gender. The coeffi-

cient allows detecting formation of aluminum toxicosis in humans by not only absolute but also relative excess of the metal in the organism against calcium deficiency. Contribution of factors (water, food, household sources) forming the body load by aluminum among the inhabitants of Belarus was studied. The ability to control aluminum balance in the system «human – environment» at the present stage of the society development is limited by only one effective way – normalizing the content of metal compounds in drinking water (fixed value). Aluminum daily ingested with food is relatively fixed value. The amount of aluminum coming from a variety of domestic sources can not be precisely measured. This determinates the inability of high-precision calculation of the risk of developing aluminum toxic effects in the population. According to the World Health Organization, now there is a paucity of data regarding aluminum concentrations which have a negative health effect on of people, not occupationally contacted with this metal, which cannot be used to determine specific recommendations.

KEYWORDS: aluminum, calcium, hair, blood, children, adults, water, diet, aluminum metal toxicosis.