

**Б. Х. Шаймарданова¹, Н. П. Корогод¹,
А. Б. Бигалиев², Г. Е. Асылбекова¹**

¹ Павлодарский государственный педагогический институт
ул. Мира, 60, Павлодар, 140002, Республика Казахстан

² Казахский национальный университет им. Аль-Фараби
просп. Аль-Фараби, 71, Алматы, 050038, Республика Казахстан
E-mail: sbotagoz55@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЛОСАХ У ДЕТЕЙ

Рассмотрено содержание токсичных элементов в биосубстратах (волосах) детей, проживающих в Павлодаре (Казахстан). Методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) выявлена специфика накопления элементов в волосах детей школьного возраста (12–14 лет). Установлено неравномерное распределение токсичных элементов в биосубстратах человека. Согласно спектру химических элементов были выделены 2 группы главных источников воздействия: предприятия угольной энергетики и металлообрабатывающей промышленности (Hg, Zn); химическое (Hg, Se, Rb) и нефтехимическое производство (Zn, Se). Суммарный показатель коэффициента загрязнения биосубстратов представлен в ряду убывания: юго-западный участок₈₄ > западный участок₈₃ > северо-западный участок₇₅ > северо-восточный участок₇₁ > восточный участок₆₉ > юго-восточный участок₅₆.

Ключевые слова: дети, токсичные элементы, биоиндикаторы, загрязнение окружающей среды.

Окружающая среда и здоровье населения, проживающего в городских условиях, испытывают значительные многофакторные антропогенные нагрузки, которые можно связать с интенсивным развитием различных отраслей промышленности [1–3]. Поступление тяжелых металлов в окружающую среду городов существенно ухудшает экологическое состояние территорий, вызывает изменение химического состава всех природных компонентов урбоэкосистемы, отрицательно сказывается на здоровье населения. Поэтому оценка экологического состояния урбанизированных территорий является на сегодняшний день одной из актуальных проблем.

Геохимические изменения урбоэкосистемы находят свое отражение не только в микроэлементном составе растительных организмов и животных, но также отражаются в виде концентрирования определенных химических элементов в составе различных органов и тканей организма человека. Химические элементы, которые комплексно поступают в организм, аккумулируются в биосредах, и поэтому их количественные значения могут быть использо-

ваны в качестве биологических маркеров состояния окружающей среды. Содержание металлов в биосубстратах отражает интегральный эффект их воздействия и может быть использовано, по мнению Ю. А. Тумаковой [4], как последний аналитический «срез» при проведении экологического мониторинга территорий.

Для определения элементов в биосубстратах и разработки нормативных показателей необходим учет региональных особенностей микроэлементного статуса у населения анализируемых территорий [5; 6]. Волосы являются благоприятным материалом для контроля элементов в человеческом организме и оценки загрязнения окружающей среды, поскольку сочетают свойства экскреторной ткани (органа) с аккумулярующим эффектом, что дает возможность ретроспективного анализа и прогноза.

На территории Павлодара экологогеохимическую ситуацию ранее рассматривали лишь в аспекте накопления тяжелых металлов (ТМ) в почвогрунтах, снежном покрове и овощных культурах [7–9]. Однако для более полной оценки состояния окружающей среды и рисков для здоровья городского

населения необходимо также учитывать распределение токсичных элементов в биосубстратах человека.

Цель исследования: обосновать использование показателя накопления химических элементов в волосах детей, проживающих в Павлодаре, для экологической оценки качества городской экосистемы в условиях многолетнего техногенного воздействия.

Материал и методы

Исследование волос детей проводили в 2006–2008 гг. Для сравнительного анализа с данными предыдущих исследований [7–9] отбор проб ($n = 100$) проведен равномерно в селитебной зоне на шести условно выделенных участках с учетом доминирующего ветра и удаленности от промышленных зон. В выборку были включены учащиеся средних учебных заведениях, расположенных на выделенных участках, в возрасте 12–14 лет. Отбор проб волос проводили с согласия родителей.

Для исследования использована стандартная методика [2], рекомендованная МАГАТЭ (1989), апробированная и показавшая высокую результативность. Пробы волос у детей отбирали из пяти точек головы, затем отмывали от поверхностного загрязнения с помощью ацетона и дистиллированной воды, измельчали и упаковывали в фольгу по 100 мг. Для стрижки и измельчения волос использовали ножницы из медицинской стали, а для транспортировки – полиэтиленовые пакеты, что позволило не допустить загрязнения образцов на стадии отбора и подготовки к анализу.

Пробоподготовку проводили в Томском политехническом университете. Биогеохимическое изучение элементного состава (25 элементов) волос осуществляли методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) на исследовательском реакторе ИРТ-Т. Исследование образцов производили на гамма-спектрометре с германий-литиевым детектором.

Проведена статистическая обработка полученных результатов с учетом малых выборок [10] с помощью пакета программ Statistica 6.0. Распределение элементов, построение схем и карт производили с помощью программ Golden Software Surfer 7.0,

ArcGis 9. При построении схем распределения элементов использовали два основных метода: Shepards Method и Kriging [11].

Результаты исследования и обсуждение

В результате проведенных исследований выделены участки с высоким содержанием химических элементов в биосубстратах детей, проживающих на территории Павлодара (табл.).

Повышенное содержание Cr, Fe, Hg, Ba, Rb, U, Co, Sm было характерно для участков, расположенных на северо-западе, западе и юго-западе города. Данные участки прилегают к р. Иртыш и расположены в основной розе ветров. Остальные участки (северо-восточный, восточный, юго-восточный) находятся на относительном удалении от реки. В юго-восточной части города максимальное накопление в волосах установлено для элементов Na и Hf. Полученные нами данные свидетельствуют о неоднородном характере распределения в волосах детей токсичных элементов: цинка, селена, ртути (1-й класс опасности), хрома, кобальта, сурьмы (2-й класс) и бария (3-й класс опасности), что, возможно, связано с разными источниками их поступления.

Установлено, что в волосах детей из шести участков показатель коэффициента концентрации относительно ноосферного кларка [12; 13] по четырем элементам (Rb, Zn, Se, Hg) изменялся в диапазоне значений от 1,2 до 74,1.

Рассмотрены геохимические ряды накопления элементов в волосах детей из шести участков города, построенных по значениям коэффициентов концентраций (K_k):

- северо-западный участок – $Rb_{69,8} Zn_{4,1} Se_{2,4} Hg_{2,4} Sr_{0,4} Ba_{0,4} As_{0,3} Sb_{0,3} Br_{0,2} U_{0,2}$;
- северо-восточный участок – $Rb_{62,9} Zn_{6,0} Se_{2,9} Hg_{1,6} Sr_{0,4} Ba_{0,4} As_{0,3} Sb_{0,3} Br_{0,1} U_{0,1}$;
- западный участок – $Rb_{71,4} Zn_{4,2} Se_{2,8} Hg_{2,8} Sr_{0,4} Ba_{0,4} As_{0,3} Sb_{0,2} Br_{0,2} U_{0,2}$;
- восточный участок – $Rb_{60,6} Zn_{4,9} Se_{3,1} Hg_{0,9} Sr_{0,4} Ba_{0,3} As_{0,3} Br_{0,2} Sb_{0,1} U_{0,1}$;
- юго-западный участок – $Rb_{74,1} Zn_{3,7} Hg_{2,6} Se_{2,4} Br_{0,4} Sr_{0,4} Ba_{0,4} As_{0,3} Sb_{0,3} U_{0,2}$;
- юго-восточный участок – $Rb_{60,0} Zn_{3,5} Se_{2,9} Hg_{1,2} Br_{0,4} Sr_{0,4} Ba_{0,3} As_{0,3} Sb_{0,2} U_{0,1}$.

Содержание микроэлементов
в волосах у обследованных детей, мг/кг

Элемент	Участок					
	северо-западный	северо-восточный	западный	восточный	юго-западный	юго-восточный
Na	163,9 ± 34,5	218,5 ± 36,8	195,7 ± 22,4	164,0 ± 5,1	219,4 ± 41,6	274,4 ± 48,8
Ca	1275,8 ± 144,0	1340,0 ± 275,0	1450,0 ± 230,0	760,0 ± 189,0	1383,0 ± 189,0	1133,0 ± 341,0
Sc	0,0070 ± 0,0009	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,002	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001
Cr	0,75 ± 0,15	0,43 ± 0,15	0,80 ± 0,28	0,10 ± 0,01	0,61 ± 0,18	0,17 ± 0,10
Fe	44,0 ± 6,0	37,0 ± 7,0	60,0 ± 3,7	–	67,0 ± 15,7	37,0 ± 6,7
Co	0,050 ± 0,008	0,050 ± 0,007	0,070 ± 0,020	0,020 ± 0,010	0,090 ± 0,020	0,040 ± 0,009
Zn	189,7 ± 12,2	244,0 ± 22,0	193,0 ± 13,4	222,0 ± 41,4	170,0 ± 13,0	161,0 ± 21,0
Br	6,1 ± 0,8	3,6 ± 0,5	6,0 ± 1,1	3,8 ± 0,6	9,7 ± 1,9	10,1 ± 2,4
Rb	2,30 ± 0,08	2,05 ± 0,05	2,36 ± 0,13	–	2,50 ± 0,11	1,98 ± 0,20
Ag	0,30 ± 0,03	0,20 ± 0,05	0,20 ± 0,03	0,30 ± 0,08	0,30 ± 0,07	0,30 ± 0,04
Sb	0,08 ± 0,04	0,12 ± 0,04	0,04 ± 0,04	–	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01
La	0,07 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Ce	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,15 ± 0,05	0,15 ± 0,05	0,17 ± 0,03	0,12 ± 0,04
Sm	0,020 ± 0,010	0,005 ± 0,002	0,012 ± 0,005	–	0,040 ± 0,010	0,005 ± 0,002
Lu	0,0020 ± 0,0001	0,0020 ± 0,0003	0,0030 ± 0,0010	0,0020 ± 0,0010	0,0020 ± 0,0000	0,0020 ± 0,0020
Th	0,010 ± 0,002	0,020 ± 0,002	0,030 ± 0,008	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,002	0,010 ± 0,002
U	0,31 ± 0,04	0,20 ± 0,03	0,40 ± 0,07	0,20 ± 0,10	0,40 ± 0,06	0,20 ± 0,06
Hf	0,020 ± 0,004	0,020 ± 0,004	0,020 ± 0,010	0,010 ± 0,040	0,040 ± 0,007	0,010 ± 0,005
Au	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,10 ± 0,04	0,10 ± 0,04	0,10 ± 0,05
Se	0,70 ± 0,04	0,80 ± 0,10	0,80 ± 0,05	0,80 ± 0,10	0,70 ± 0,04	0,80 ± 0,10
Ba	12,7 ± 1,8	11,6 ± 1,2	12,4 ± 1,5	9,4 ± 0,6	12,1 ± 1,3	11,3 ± 1,0
Tb	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001	–	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001
Ta	0,010 ± 0,002	0,004 ± 0,001	0,010 ± 0,004	–	0,020 ± 0,003	0,006 ± 0,003
Eu	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001	0,020 ± 0,003	–	0,020 ± 0,002	0,01 ± 0,002
Hg	0,50 ± 0,10	0,30 ± 0,05	0,70 ± 0,2	0,20 ± 0,03	0,60 ± 0,12	0,20 ± 0,03

Примечание: прочерком обозначены значения элементов ниже пределов определения.

Наибольшее накопление в волосах рубидия (69,8–74,4) и ртути (2,4–2,8) у детей отмечено в западной части города (северо-западный, западный и юго-западный участки). Цинк (4,9–6,0) и селен (2,9–3,1) в большей степени проявлялись в биосубстратах человека из восточного и северо-восточного участков.

Для всех обследованных участков города был характерен аналогичный качественный состав химических элементов, что подтверждается дендрограммой кластерного анализа и свидетельствует об одних источниках поступления этих веществ. Суммарный показатель коэффициента загрязнения изученных биосубстратов человека представлен в следующем ряду убывания: юго-западный участок₈₄ > западный участок₈₃ > северо-западный участок₇₅ > северо-восточный участок₇₁ > восточный участок₆₉ > юго-восточный участок₅₆.

Более высокие показатели K_k в волосах детей, проживающих в западной части города, свидетельствуют о наличии техногенного воздействия в соответствии с розой ветров (запад и юго-запад) на расположенные в данном месте участки. Стоит отметить, что среднее содержание и дисперсия распределения большинства химических элементов в составе волос жителей западной и восточной части Павлодара достоверны (по критериям Стьюдента и Фишера).

Содержание Hg, Ba, Sb, Zn, Cr в волосах детей было максимально выражено в северной части города, граничащей с промышленной зоной, где функционируют нефтеперерабатывающий, химический, тракторный заводы и две тепловые электрические станции. По данным ранее проведенных исследований [9], для водной фазы снега города характерна ртутно-медная геохимическая специализация, максимальное количество ртути превышало минимальное в 760 раз. Автор связывает этот факт с длительным использованием ртути в производстве кальцинированной соды на химическом заводе.

Геохимические данные других исследователей свидетельствуют, что в различных субстратах (снег, почва, овощные культуры) из селитебной части Павлодара наблюдает-

ся увеличение концентрации токсичных элементов: Co, Cr, Hg, Zn [7–9; 14]. Результаты наших исследований по биосубстратам человека согласуются с этими данными. Сравнительный анализ по содержанию токсичных элементов показывает высокую степень концентрации ртути и цинка, что свидетельствует об избыточном поступлении этих элементов и активной миграции их в системе: «почва – снег – растения – биосубстраты (волосы) человека».

Ранжирование территории Павлодара по среднему содержанию химических элементов в волосах детей, коэффициенту концентрации, суммарному показателю загрязнения территории города в различных средах (почва, снег, волосы) выявило наиболее экологически неблагоприятные участки: юго-западный, западный и северо-западный. Эти данные позволяют утверждать, что уровень накопления изученных химических элементов в волосах отражает степень техногенного влияния развитого промышленного комплекса и прилегающих к нему территорий.

Заключение

Проведенный биогеохимический анализ позволил выявить территориальную специфику накопления элементов в волосах детей школьного возраста (12–14 лет) и основные зоны техногенного воздействия промышленных предприятий Павлодарской области. Вся территория Павлодара подвержена воздействию выбросов предприятий угольной энергетики (ТЭЦ 1, 2, 3), металлообрабатывающей промышленности и нефтехимического комплекса, на западную часть города также оказывает влияние трансграничный перенос токсичных веществ по р. Иртыш, характеризующийся умеренным загрязнением. Кроме того, основным источником поступления ртути на территории города являются отходы производства химического завода. Согласно спектру химических элементов могут быть выделены две группы главных источников воздействия: предприятия угольной энергетики и металлообрабатывающей промышленности (Hg, Zn); химическое (Hg, Se, Rb) и нефтехимическое (Zn, Se) производство.

Список литературы

1. Рихванов Л. П., Языков Е. Г., Сухих Ю. И. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. Томск, 2006.
2. Жук Л. И., Кист А. А. Картирование элементного состава волос // Активационный анализ. Методология и применение. Ташкент, 1990. С. 190–201.
3. Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. Новосибирск, 2002.
4. Тумакова Ю. А. Элементный состав биосред как интегральный показатель опасности полиметаллического загрязнения компонентов окружающей среды урбанизированных территорий и рекомендации по минимизации опасности (на примере г. Казани): Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. Казань, 2006.
5. Ревич Б. А. Микроэлементный состав биосубстратов населения некоторых промышленных городов бывшего Советского Союза // Активационный анализ в охране окружающей среды. Рабочее совещание. Дубна, 1994. С. 486–518.
6. Зайчик В. Е., Багиров Ш. П. Химический состав слюны человека как индикатор качества окружающей среды // Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды: Тр. III Всесоюз. совещания. Л., 1987. С. 61–67.
7. Эколого-географический атлас городов и промышленных центров Казахстана. Алматы, 2001.
8. Гельдымамедова Э. А. Тяжелые металлы в почвах и овощных культурах г. Павлодара Республики Казахстан: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2007.
9. Ажаев Г. С. Оценка экологического состояния г. Павлодара по данным геохимического изучения жидких и полевых атмосферных выпадений: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2007.
10. Михальчук А. А. Статистический анализ эколого-геохимической информации. Томск, 2006.
11. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии: Пер. с англ. / Под ред. Д. А. Родионова. М., 1990. Кн. 2.
12. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., 1988.
13. Глазовский Н. Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М., 1982. С. 12–19.
14. Панин М. С., Гельдымамедова Э. А., Ажаев Г. С. Техногенное влияние на содержание тяжелых металлов в почвах г. Павлодара // Материалы междунар. науч. конф. «Современные проблемы загрязнения почв». М., 2004. С. 333–335.

Материал поступил в редколлегию 07.12.2009

B. Kh. Shaimardanova, N. P. Korogod, A. B. Bigaliev, G. E. Asylbekova

Heavy Metals Accumulation in Children Hair

In work the content of toxic elements in biosubstrates is considered. Using the method of instrumental neutron activation analysis (INAA) revealed specific accumulation of elements in hair of children of school age (12–14 years) in the large industrial center in Kazakhstan — Pavlodar. Uneven distribution of toxic elements in biosubstrates rights is established. According to the spectrum of chemical elements two groups of the main sources of exposure have been allocated: the coal energy and metal industry (Hg, Zn); chemical (Hg, Se, Rb) and petrochemicals (Zn, Se). The total indicator of biosubstrates pollution is presented among decrease: southwest district₈₄ > western district₈₃ > northwest district₇₅ > northeast district₇₁ > east district₆₉ > southeast district₅₆.

Keywords: children's, bioindicators, urbosystem, pollution, toxic elements.