

Б.Х.Шаймарданова

Аркалыкский государственный педагогический институт им. И.Алтынсарина

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОСУБСТРАТОВ
В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В г. ПАВЛОДАРЕ**

Павлодар қаласы аймағында жоғары уытты элементтердің (Кс) *Populus nigra L.* жапырақтары үшін: $Cr_{21,6} > Sb_{8,2} > Zn_{6,7} > Ba_{1,7} > Co_{1,5} > Sr_{1,1}$ және адам субстраттары (балалардың шашы) үшін: $Rb_{68,0} > Zn_{4,3} > Se_{2,6} > Hg_{2,5}$ геохимиялық спецификасы анықталды. Биосубстраттарда химиялық элементтердің жиналу деңгейі Павлодар қаласының және оған шектес аймақтардың дамыған өнеркәсіптік кешенінің техногенді әсерінің деңгейін көрсетеді. Барлық аймақтарға көмір энергетикасы кәсіпорны, металл өңдеу өнеркәсібі, сонымен қатар мұнай химиясы кешенінің тудыратын техногенді ластануы тән. Сондай-ақ қаланың батыс бөлігіне Ертіс өзені бойымен трансшекаралық заттардың тасымалдануы да әсер етеді.

The geochemical specific character of the elements (Кс) of high toxicity in the territory of Pavlodar for leaves Populus nigra L.: $Cr_{21,6} > Sb_{8,2} > Zn_{6,7} > Ba_{1,7} > Co_{1,5} > Sr_{1,1}$ and for the substrata of man (hair of children): $Rb_{68,0} > Zn_{4,3} > Se_{2,6} > Hg_{2,5}$ was revealed. The level of the accumulation of chemical elements in the biosubstrata reflects the degree of the technogenic influence of developed industrial complex of Pavlodar and the adjacent to it territories. For the entire territory the characteristically technogenic pollution, caused by both the enterprises of carbon power engineering, the metal fabrication industries, and by petrochemical complex. The trans-border transfer of substances in the river Irtysh also has an influence on the western part of the city.

Базовыми отраслями экономики Павлодарской области являются горнодобывающая, нефтеперерабатывающая и химическая промышленность, черная и цветная металлургия, энергетика. Около 2000 предприятий осуществляют эмиссию загрязняющих веществ в атмосферу, основная масса которых поступает от предприятий теплоэнергетики и металлургической промышленности и составляет порядка 94,4 % от объема выбросов загрязняющих веществ области [1]. Основными источниками загрязнения являются: ТОО «AES Екибастуз», ОАО «Станция Экибастузская ГРЭС-2», Аксуский завод ферросплавов, АО «Евроазиатская энергетическая корпорация», угольные разрезы «Северный», «Восточный», «Богатырь». В области насчитывается значительный парк передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха. Промышленные предприятия, в зависимости от их мощности и характера производства, могут влиять на изменение геохимических особенностей территорий как на локальном уровне, так и в региональном и глобальном масштабах [2,3]. В результате биогенной миграции атомов, согласно биогеохимической теории академика В.И.Вернадского, практически все элементы внешней среды в большей или меньшей степени поступают в организм человека, что определяет его отклик на изменения химического состава среды обитания. Многолетнее изучение химического состава биосферы выявило исключительную гетерогенность ее в различных регионах нашей планеты.

Антропогенная трансформация природной среды, в том числе ее химическое загрязнение, неизбежно ведет к деформации обменных процессов, прежде всего за счет избирательного накопления химических элементов отдельными компонентами экосистем и изменения их продуктивности [4].

Степень загрязнения окружающей среды можно оценить посредством биоиндикаторов. Живые организмы — наиболее динамичная компонента ландшафта, всегда реагирующая на любое изменение в нем, даже при отсутствии видимых нарушений в других составляющих. Поступление высоких концентраций химических веществ в окружающую среду отражается на элементном составе компонентов пищевой цепи, в т.ч. растительности и человека. Геохимические изменения урбоэкосистемы находят свое отражение не только в микроэлементном составе растительных организмов и животных, но, в конечном итоге, отражаются в виде концентрирования определенных химических элементов в составе различных органов и тканей организма человека. В настоящее время наиболее информативными биосубстратами для оценки элементного статуса индивидуума и популяции, а также участия элементов в формировании экологического портрета жителей ряда регионов с разной биогеохимической обстановкой могут являться волосы и кровь человека [5]. В связи с развитием высокочувствительных методов определения микроэлементного состава природных сред биоиндикация является исключительно перспективным научным и практическим направлением.

Растения, представляющие уровень продуцентов и обладая избирательностью процессов поглощения, «перекачивают» макро- и микроэлементы из почвы в биологический круговорот [3,6]. Популяции живых организмов, в т.ч. растительные объекты, отражают распределение химических элементов по трофическим уровням, участвуя в стабилизации среды как в роли своеобразных биогеохимических барьеров, так и в качестве их накопителей в пищевых цепях. Антропогенная трансформация природной среды, в т.ч. ее химическое загрязнение, неизбежно ведет к деформации этих обменных процессов, прежде всего, за счет избирательного накопления химических элементов отдельными компонентами экосистем и изменения их продуктивности [4].

В 80–90-х годах предыдущего столетия учеными Академии минеральных ресурсов РК было проведено углубленное эколого-геохимическое исследование разнообразных сред (почвы, снежного покрова) Павлодарской области [7]. В период 2004–07 гг. при изучении природных сред (почва, снег, овощные культуры) геохимическими методами в г. Павлодаре осуществлено зонирование территории по степени экологической опасности [8–11]. Таким образом, эколого-геохимическая ситуация достаточно хорошо изучена в аспекте накопления тяжелых металлов (ТМ) в природной среде г. Павлодара. Однако для более полной оценки состояния окружающей среды и рисков для здоровья населения г. Павлодара необходимы данные по содержанию токсических элементов в биосубстратах человека.

Выбор методов анализа, позволяющий охватить значительное количество элементов, имеет большое значение, так как техногенное воздействие на организм носит комплексный характер и отличается многофакторным воздействием. Всем этим требованиям отвечает современный высокочувствительный метод инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) на базе исследовательского ядерного реактора. Преимущества его использования для биологических объектов представлены в работах различных авторов [12–17]. Метод ИНАА дает возможность определять в широком диапазоне (от $n \cdot 1\%$ до $n \cdot 10^{-6}\%$) содержание химических элементов. В данном методе отсутствует химическая подготовка пробы, что исключает погрешности за счет привноса или удаления элементов вместе с реактивами [18].

Цель работы: оценка эколого-геохимического состояния территории г. Павлодара по элементному составу биосубстратов.

Задачи исследования:

1. Установить уровни накопления химических элементов в золе листьев тополя черного *Populus nigra L.* и волосах детей в условиях техногенно-нарушенной природной среды г. Павлодара.
2. Выявить ассоциации микроэлементов, характерные для рассмотренных биосубстратов.
3. Сравнить распределение токсичных элементов в биосубстратах на территории города.

Материалы и методы

Объектами исследования явились листья тополя черного *Populus nigra L.* и волосы детей 12–14 лет из 55 и 40 точек г. Павлодара соответственно. Отбор проб листьев проводили по стандартной методике [19]. В период 2006–2008 гг. нами изучен широкий спектр химических элементов (26 элементов), включая редкие, редкоземельные, радиоактивные и благородные элементы в золе листьев *P. nigra L.*

Исследования биосубстратов волос детей (120 проб) проводили в населенных пунктах Павлодарской области: г. Павлодаре, поселках Кызылжар и Актогай (в 40 и 80 км от города соответственно).

Для количественного анализа на содержание токсичных, радиоактивных, редкоземельных, благородных и других элементов использовали современный высокочувствительный ядерно-физический метод инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) с облучением тепловыми нейтронами на Томском исследовательском реакторе ИРТ-Т НИИЯФ в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

Накопление и обработку полученных данных проводили на IBM PC/AT совместимых компьютерах с использованием программ «Statistica», в электронных таблицах «Excel» и др. При статистической обработке данных определяли следующие основные параметры: пределы значений, математическое ожидание (среднее значение), медиана, мода, стандарт и др. После расчета показателей концентрации выборка представлялась в виде набора относительных характеристик аномальности химических элементов в виде геохимических ассоциативных рядов элементов с показателями накопления (C_v , K_c , K_k) в порядке убывания. Такой набор позволил дать качественную и количественную оценку геохимической ассоциации у рассмотренных биосубстратов.

Для пространственного анализа полученных данных использовали возможности современных геоинформационных технологий (Arc View, Spatial Analyst, Surfer). Интеграция ГИС с результатами эколого-геохимического исследования позволила получить серию моноэлементных карт-схем, отражающих распределение концентраций элементов-загрязнителей на территории г.Павлодара.

Обсуждение результатов

Анализ полученных материалов показывает, что на территории г.Павлодара наблюдается неравномерное распределение большей части изученных элементов в биосубстратах. Известно, что химические элементы на территории с высокой техногенной нагрузкой распределяются очень неравномерно. На изучаемой территории, по ранее опубликованным данным [7,9,10,11,20], накопление большинства химических элементов в почве и снежном покрове на территории г. Павлодара имеет также неоднородный мозаичный характер.

Характерной особенностью техногенных ореолов является неоднородность распределения в них химических элементов. Согласно критерию Колмагорова-Смирнова [21], для каждого изученного населенного пункта характерен определенный тип распределения элементов. Для сравнительного статистического анализа результатов были построены гистограммы по проверке типа распределения микроэлементов в биосубстратах на территории г.Павлодара. В качестве критерия соответствия эмпирического распределения нормальному теоретическому типу использованы отношения показателей асимметрии и эксцесса к их стандартным ошибкам. Исходя из представлений о том, что при симметричном (нормальном) распределении показатели среднего, моды и медианы примерно равны [22], близки к нему *в растительном субстрате P.nigra* распределения следующих элементов — Sc, Ag, La, Sm, Ta, Zn, Th, Eu, U.

Гистограммы распределения химических элементов в золе листьев показали, что в большинстве случаев наблюдается некоторая асимметрия в левую или в правую сторону. Следует отметить аномальные концентрации элементов, выходящие за пределы вариационной кривой нормального распределения: Na, Cr, Fe, Co, Zn, Br, Rb, La, Ce, Sm, Yb, Lu, Th, U, Hf, Au, Ba, Tb, Ta. В построенной дендрограмме кластерного анализа элементного состава выделены группы, которые объединяют элементы с наивысшими значениями меры сходства (парных коэффициентов корреляции Пирсона r).

Геохимические спектры микроэлементов в золе *листьев тополя черного* образуют значимые ассоциации (рис.1).

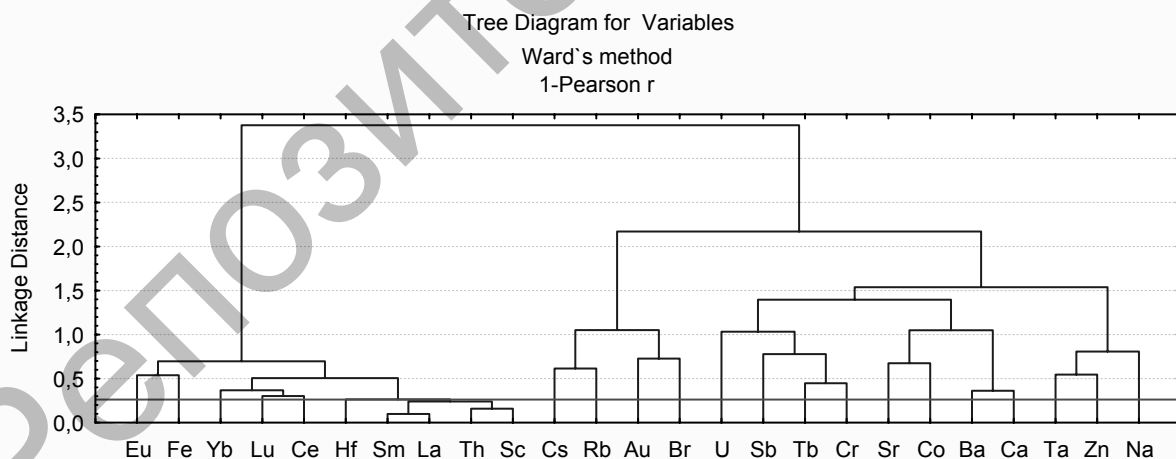


Рис. 1. Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра микроэлементов в золе листьев *P. nigra* по методу ИНАА на территории г.Павлодара

Отчетливо выделены пять групп ассоциаций, среди которых можно выделить элементы, относящиеся к пыли зольных промышленных выбросов, например, ТЭЦ (Eu, Fe, Yb, Lu, Ce, Hf, Sm, La, Th, Sc; Sr, Co, Ba, Ca), и нефтехимического производства (Cs, Rb, Au, Br). Среди наиболее значимых (более 95 %) микроассоциаций на территории г.Павлодара выделены 2 группы: Lu, Ce и Sm, La, Th, Sc.

Для изученных населенных пунктов на северо-западе Павлодарской области установлен спектр элементов с нормальным распределением *в волосах детей*. Для трех населенных пунктов нормальному распределению подчиняется ряд химических элементов (Na, Ca, Sc, Co, Zn, Br, Rb), что свиде-

тельствует об одном источнике поступления. При анализе значений коэффициента вариации и коэффициента концентрации выявлено, что на исследуемой территории однородное распределение имеют следующие элементы:

- 1) г. Павлодар: **Zn, Se, Rb, Sc, Yb, Tb, Th**;
- 2) п. Актогай: **Zn, Se, Ce**;
- 3) п. Кызылжар: **Zn, Se, Sc, Yb, Lu, U, Au**.

Для всех трех населенных пунктов общей характерной особенностью является однородное распределение двух элементов — цинка и селена, что говорит об одном источнике поступления. Оценку значимости различий уровней накопления химических элементов, а также характера их распределения проводили по критериям Стьюдента и Фишера.

Слабодифференцированное распределение элементов в волосах детей установлено: в г.Павлодаре — барий, серебро; п. Кызылжар — бром, уран; п. Актогай — церий, кобальт, ртуть. Остальные элементы имеют дифференцированное или интенсивно дифференцированное распределение.

Об идентичности источников поступления элементов в окружающую среду и организм человека также можно судить по наличию ассоциаций, отраженных в дендрограмме по г.Павлодару (рис 2).

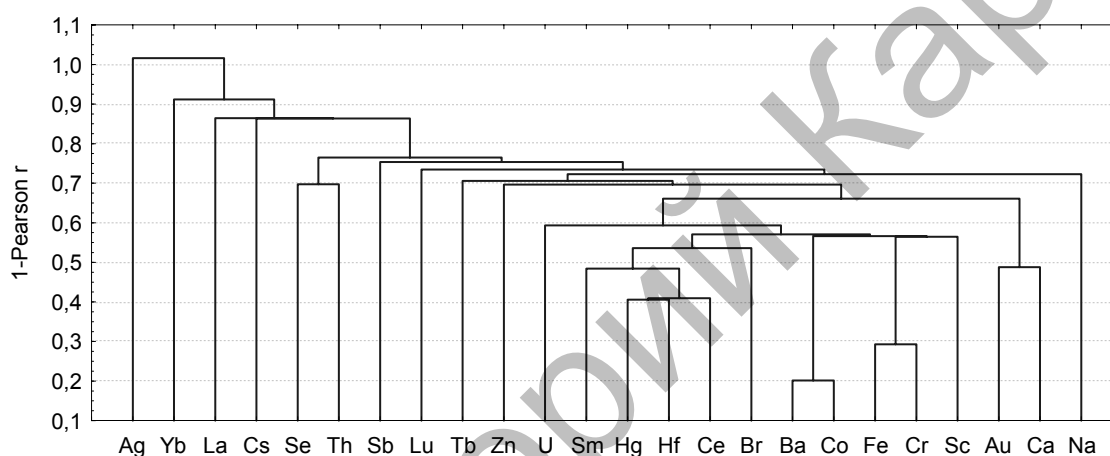


Рис.2. Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра волос детей г. Павлодара ($1\text{-Person } r_{0,25} = 0,75$)

На дендрограмме кластерного анализа г. Павлодара (рис.2) выделяются три ассоциации химических элементов: 1 — барий, кобальт, железо, хром, скандий; 2 — ртуть, гафний, церий, самарий; 3 — кальций, золото. Между первой и второй ассоциацией прослеживается значимая связь. Можно сделать предположение, что комплекс перечисленных групп элементов определяется сочетанным воздействием на организм человека предприятий топливной энергетики (ТЭЦ 1,2, Аксуской ГРЭС и Экибастузскими ГРЭС 1,2, расположенными на юго-западе Павлодарской области), работающих на угле, а также нефтехимического и химического предприятий, расположенных в северной части г. Павлодара.

Содержание химических элементов **в волосах детей** из изученных населенных пунктов отличается от данных, опубликованных в научных изданиях [17, 23–25]. Содержание серебра и лютеция в волосах детей Павлодарской области аналогично содержанию этих элементов в волосах детей Томской и Челябинской областей. Своеобразие накопления элементов в волосах детей, проживающих на северо-западе Павлодарской области, свидетельствует как о специфике геохимической обстановки (вода, почва, горные породы) в изученных районах, так и о специфике источников поступления.

При сравнении содержания химических элементов в биосубстратах детей из обследованных населенных пунктов Павлодарской области отмечена неравномерность распределения элементов 1–3 классов опасности, редких, редкоземельных, радиоактивных и благородных металлов (рис. 3).

Сравнительный анализ накопления ХЭ в разных средах (почва, снег, растения, волосы) на территории г. Павлодара обнаружил повсеместно высокое содержание цинка (табл. 1).

Отчетливо выражена тенденция повышения Кс от почвы к биосубстратам, в растительных — примерно одинаковое накопление (6,7–7,1), в волосах — несколько ниже (4,3). Эти данные свидетельствуют о существующем цинковом загрязнении природной среды города и рисков накопления Zn в тканях и органах человека.

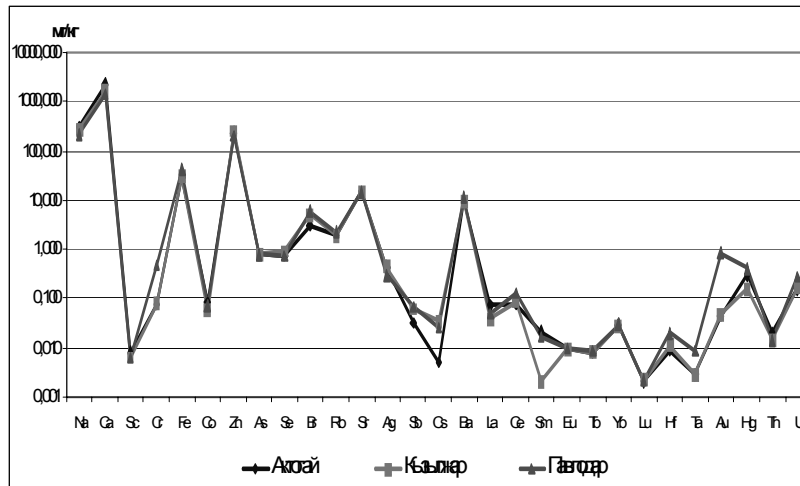


Рис. 3. Распределение химических элементов в волосах детей из северо-западной части Павлодарской области (по оси абсцисс — населенные пункты, по оси ординат — значение, мг/кг)

Что касается других токсичных элементов, отмечено повышенное содержание кобальта и хрома как в почвах, так и в растениях (1,5–3,5 и 4,4–21,6 соответственно). Интересен факт, что рассмотренными растениями являются овощные культуры (в т.ч. корнеплоды) и листва тополя, расположенные в разных ярусах природной среды, на разной высоте от почвы.

Т а б л и ц а 1

Сравнительная характеристика загрязнения различных сред г. Павлодара

Среды города	Формула геохимической специализации
Твердая фракция снега, селитебная зона (Кс) [10]	$Zn_{25,3} > Be_{7,1} > Co = V_{4,7} > Cd_{4,6} > Sr_{4,3} > Mo_{3,8} > Mn_{3,3} > Cu_{3,2} > Ni_{3,1} > Pb_{3,0} > Cr_{2,5}$
Общая нагрузка химических элементов, селитебная зона ($P_{общ}$, мг/км ² -сут) [10]	$Zn_{3,0} > Mn_{1,7} > Sr_{1,05} > Cu_{0,15} > Ni_{0,07} > V = Cr_{0,05} > Pb_{0,04} > Cd = Co_{0,02} > Mo_{0,01} > Hg = Be_{0,003}$
Водная фракция снега, селитебная зона (Z_c) [10]	$Cu_{12,8} > Pb_{9,6} > Ni_{7,9} > Cr_{5,6} > Mn_{5,3} > V_{4,7} > Cd_{3,6} > Mo_{3,4} > Zn_{3,1} > Sr = Hg_{2,8} > Co_{2,5} > Be_{1,7}$
Почвы (валовое содержание, Кк) [9]	$Cd_{13,5} > Hg_{12,4} > Sr_{6,4} > Pb_{3,3} > Mo_{2,3} > Zn_{1,4} > Cu = Co = Cr_{1,1} > Ni = V_{1,0} > Mn_{0,8} > Be_{0,6}$
Почвы (кислоторастворимые ХЭ, Кк) [9]	$Hg_{204,1} > Be_{79,9} > Zn_{11,7} > Cd_{11,2} > Cu_{10,7} > Co_{8,8} > Cr_{8,6} > Mo_{6,8} > Pb_{5,2} > Ni = V_{4,5} > Sr_{4,0} > Mn_{3,3}$
Овощные культуры (сумм. $K_{загр}$ по 7 овощным культурам) [9]	$Cd_{19,3} > Pb_{10,6} > Zn_{7,1} > Cu_{5,6} > Cr_{4,4} > Co_{3,5} > Ni_{2,6}$
Листья <i>Populus nigra</i> L. (Кс)	$Cr_{21,6} > Sb_{8,2} > Zn_{6,7} > Ba_{1,7} > Co_{1,5} > Rb_{1,2} > Sr_{1,1}$
Биосубстраты человека (волосы детей, Кс)	$Rb_{68,0} > Zn_{4,3} > Se_{2,6} > Hg_{2,5}$

Аналогичная зависимость между повышенными накоплениями в почвах и в растительных субстратах выявлена по кадмию, свинцу, стронцию и никелю. Эти данные отчетливо проявляют существующую неблагоприятную экологическую ситуацию по загрязнению пищевой цепи, включая человека, в экосистеме города. Необходимы дальнейшие более углубленные исследования по состоянию здоровья населения и выявлению зональной специфики распределения загрязняющих веществ.

По результатам анализа химических элементов (ХЭ) из листьев тополя были получены геохимические ряды коэффициентов концентрации Кк и Кс относительно кларка ноосферы [26] и фона соответственно (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Геохимическая специализация ХЭ в золе листьев *Populus nigra L.* на территории г.Павлодара

Величина	Геохимические ряды
Кс	$\text{Cr}_{21,6} > \text{Sb}_{8,2} > \text{Zn}_{6,7} > \text{Na}_{2,5} > \text{Tb}_{2,3} > \text{Lu}_{2,2} > \text{Yb}_{1,9} > \text{Ca}_{1,8} > \text{Ba}_{1,7} > \text{Co}_{1,5} = \text{Eu}_{1,5} > \text{Fe}_{1,3} > \text{Sc}_{1,2} = \text{Rb}_{1,2} > \text{Sr}_{1,1} = \text{U}_{1,1} = \text{Ta}_{1,1} > \text{Ce}_{1,0} = \text{Sm}_{1,0} = \text{Th}_{1,0} = \text{Hf}_{1,0}$
Кк	$\text{Au}_{5,9} > \text{Zn}_{25} > \text{Sr}_{23} > \text{Ca}_{9,1} > \text{Ba}_{6,2} > \text{Sb}_{3,3} > \text{Cr}_{2,0} > \text{Rb}_{0,6} > \text{Co}_{0,4} > \text{Na}_{0,2} = \text{La}_{0,2} > \text{Sc}_{0,1} = \text{Fe}_{0,1} = \text{Br}_{0,1} = \text{U}_{0,1} = \text{Hf}_{0,1} > \text{Ce}_{0,08} > \text{Tb}_{0,07} = \text{Cs}_{0,07} = \text{Th}_{0,07} > \text{Lu}_{0,05} > \text{Ag}_{0,03} = \text{Ta}_{0,03} > \text{Yb}_{0,006}$

Примечание. Выделены токсичные элементы.

В целом по городу наиболее высокие показатели (Кс) имеют токсичные элементы: хром, сурьма, цинк. К наиболее специфическим элементам относятся токсичные элементы. По показателю Кс элементы, относящиеся к трем классам токсичности, располагаются в следующем порядке: хром > сурьма > цинк > барий > кобальт > рубидий > стронций.

При сопоставлении данных по накоплению токсичных элементов в золе листьев тополя черного с геохимическим состоянием жидкой фазы снегового покрова на территории города наблюдается региональная сходимость в концентрации хрома, цинка, стронция и кобальта [8,10]. Последовательность накопления элементов в водной фракции снега из селитебной зоны следующая: $\text{Cr}_{5,6} > \text{Zn}_{3,1} > \text{Sr}_{2,8} > \text{Co}_{2,5}$, что согласуется с нашими данными.

На основе полученных данных по химическому составу были построены схематические карты распределения токсичных ХЭ в золе листьев *P.nigra*. Отчетливо аномалии для Ва, Со, Ср, Сб выражены в северо-восточной и юго-западной части города, что соответствует направлению розы ветров и расположению ферросплавного завода в г.Аксу, а также трансграничному переносу элементов по долине реки Иртыш. Выделяются небольшие ареалы цинка и хрома в центральной и северо-западной части г.Павлодара.

Также нами был рассмотрен коэффициент биологического поглощения для установления специфики накопления элементов растениями из почв — A_x , который рассчитывался как отношение содержания элементов в золе листьев к их содержанию в почве [27]. Показатель A_x характеризует интенсивность поглощения растениями элементов из почвы:

$$A_x = C_x / P_x,$$

где C_x — содержание элементов в золе растений; P_x — содержание его в почве или породе.

Ранжированные значения A_x образуют ряды биологического поглощения, характерные для данного ландшафта, и позволяют установить возможности формирования аномалий биогенного накопления элементов в горизонте А почв. Такое накопление возможно только для элементов, у которых $A_x > 1,0$.

Коэффициент биологического поглощения выше единицы установлен для трех элементов: кальций, хрома и золота ($\text{Ca}=8,9$; $\text{Cr}=1,36$; $\text{Au}=1,33$), что свидетельствует о возможности формирования природных аномалий на территории города. Максимальное проявление характерно для кальция, что отражает геохимическую специфику пород данной территории.

При анализе геохимических рядов ХЭ (*биосубстраты детей*) из г.Павлодара и поселков Актогай и Кызылжар общими для трех населенных пунктов установлены Rb, Zn, Se (табл.3). Высокая концентрация ртути ($\text{Kc}=2,5$) отмечается в волосах детей из г. Павлодара, что может быть связано с деятельностью тепловых электрических станций, использующих технологию сжигания высокозольных углей, металлообрабатывающих предприятий, химической промышленности. Именно эти предприятия, по литературным данным [28], дают большой процент ртути, эмитирующей из антропогенных источников:

- 1) сжигание угля — 75 % Hg^0 , 20 % Hg^{+2} ;
- 2) производство цветных металлов — 90 % Hg^0 , 10 % Hg^{+2} ;
- 3) химическая промышленность — 45 % Hg^0 , 45 % Hg^{+2} .

Данный спектр элементов позволяет утверждать о наличии одинаковых источников поступления химических элементов из окружающей среды. Эти элементы могут поступать с пищей, при сжигании углей, иметь трансграничный (р. Иртыш) характер поступления, привноситься с прилегающих территорий или иметь природный источник поступления.

По геохимическому спектру наиболее разнообразной является территория г. Павлодара, что может свидетельствовать о техногенной специфике микроэлементного состава волос детского населения.

Т а б л и ц а 3

Геохимическая специализация ХЭ в волосах детей на территории Павлодарской области

Населенные пункты	Геохимическая специфика
г. Павлодар	Rb_{68,0} Zn_{4,3} Se_{2,6} Hg_{2,5} Sr_{0,4} Ba_{0,3} As_{0,3} Sb_{0,3} U_{0,2} Br_{0,2} Ca_{0,1}
п. Актогай	Rb_{60,6} Zn_{5,9} Se_{2,7} Hg₁, Sr_{0,4} Ba_{0,3} As_{0,3} U_{0,1} Br_{0,1} Sb_{0,1} Ca_{0,1}
п. Кызылжар	Rb_{60,6} Zn_{5,4} Se_{3,3} Hg_{0,9} Sr_{0,4} As_{0,3} Sb_{0,3} Ba_{0,3} Br_{0,2} U_{0,1} Ca_{0,1}

Таким образом, на территории г. Павлодара выявлены наиболее значимые для растительного субстрата две микроассоциации: Lu, Ce и Sm, La, Th, Sc. Для биосубстрата человека выделены 3 ассоциации: 1 — барий, кобальт, железо, хром, скандий; 2 — ртуть, гафний, церий, самарий; 3 — кальций, золото. Выявлена геохимическая специфика элементов (Кс) высокой токсичности на территории г. Павлодара для листьев тополя: Cr_{21,6} > Sb_{8,2} > **Zn_{6,7}** > Ba_{1,7} > Co_{1,5} > Sr_{1,1} и для субстратов человека: Rb_{68,0} > **Zn_{4,3}** > Se_{2,6} > Hg_{2,5}. В соответствии с данными других исследователей существует цинковое загрязнение, а также накопление токсичных элементов 1–3 классов опасности (свинца, кадмия, кобальта, хрома, никеля и стронция), как в почвах, так и в биоте городской среды.

Спектр изученных элементов из волос детей свидетельствует о наличии одинаковых источников поступления химических элементов из окружающей среды. Эти элементы могут поступать с пищей, при сжигании углей, иметь трансграничный (по р. Иртыш) характер поступления или привноситься с прилегающих территорий, а также иметь природный источник поступления.

Полученные данные позволяют утверждать, что уровень накопления изученных химических элементов в волосах отражает степень техногенного влияния развитого промышленного комплекса г. Павлодара и прилегающих к нему территорий в целом на всю систему почва–растения–животные (человек). При этом, как минимум, судя по спектру химических элементов, могут быть выделены 3 группы главных источников воздействия: предприятия угольной энергетики и металлообрабатывающей промышленности (Hg, Zn, Co, Cr, Sr); химическая промышленность (Hg, Se, Rb); нефтехимическое производство (Zn, Se).

По геохимическому спектру наиболее разнообразной является территория г. Павлодара, что свидетельствует о техногенной специфике микроэлементного состава рассмотренных биосубстратов (листья *P. nigra* и волосы детского населения). Для всей территории характерно техногенное загрязнение, вызванное как предприятиями угольной энергетики, металлообрабатывающей промышленности, так и нефтехимическим комплексом. На западную часть города также воздействует трансграничный перенос веществ по р. Иртыш.

Список литературы

1. Отчет начальника Павлодарского областного территориального управления охраны окружающей среды В.А.Бедненко. — Павлодар, 2007. — 6 с.
2. Алексеев В.А. Экологическая геохимия: Учебник. — М.: Логос, 2000. — 627 с.
3. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. — М.: Наука, 1985. — С. 7–20.
4. Безель В.С., Бельский Е.А., Бельская Е.А., Жуйкова Т.В., Мухачева С.В., Нестерков А.В. Учение В.И.Вернадского о биохимических циклах и роль трофической структуры биоценоза в их стабилизации в фоновых условиях и при химическом загрязнении среды // Тяжелые металлы, радионуклиды в окружающей среде: Докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. — Семипалатинск, 2008. — Т. 1. — С. 5–10.
5. 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. — 20 с.
6. Безель В.С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценологический аспекты. — Екатеринбург: Изд-во «Голосицкий», 2006. — 280 с.
7. Эколого-географический атлас городов и промышленных центров Казахстана. — Алматы, 2001. — Т. 1,2. — 800 с.
8. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Эколого-геохимическая характеристика почв г. Павлодара Республики Казахстан // Вестник ТГУ. — 2006. — № 292. — С. 171–177.

9. Гельдымамедова Э.А. Тяжелые металлы в почвах и овощных культурах г. Павлодара Республики Казахстан // Автореф. дис.... канд. биол. наук. — Новосибирск, 2007. — 23 с.
10. Ажаев Г.С. Оценка экологического состояния г. Павлодара по данным геохимического изучения жидких и полевых атмосферных выпадений // Автореф. дис.... канд. геолого-минерал. наук. — Томск, 2007. — 25 с.
11. Шаймарданова Б.Х., Бигалиев А.Б., Тулепбергенев К.С. Зональность распределения тяжелых металлов в городской экосистеме // Вестн. КазНУ. Сер. экологич. — 2006. — № 2 (19). — С. 102–107.
12. Tjoe P.S., De Goeij J.J.M., Houtman J.P.W. Extended automated separation techniques in destructive neutron activation analysis; Application to various biological materials, including human tissues and blood. // J. of Rad. Chem. Vol.37 (1977). — P. 511–522.
13. Кист А.А. Применение нейтронно-активационного анализа в биологии // Автореф. дис. ... канд. хим. наук. — Ташкент, 1964. — 24 с.
14. Кист А.А. Современное состояние и перспективы применения ядерно-физических методов анализа в контроле окружающей среды // Тр. 1 Всесоюз. совещания. Ташкент, 23–26 октября 1979 г. — Л.: Гидрометеоздат, 1980. — С. 4–20.
15. Дубинская Н.А., Пелекис Л.Л., Костенко И.В. Применение инструментального нейтронно-активационного анализа для определения ртути в волосах человека в условиях возможного профессионального загрязнения // Тр. 1 Всесоюз. совещания. Ташкент, 23–26 октября 1979 г. — Л.: Гидрометеоздат, 1980. — С. 180–184.
16. Жук Л. И., Кист А.А. Картирование элементного состава волос. Активационный анализ. Методология и применение. — Ташкент: ФАН Узбекской ССР, 1990. — С. 190–201.
17. Барановская Н.В. Элементный состав биологических материалов и его использование для выявления антропогенно-измененных территорий (на примере южной части Томской области) // Автореф. дис.... канд. биол. наук. — Томск, 2003. — 28 с.
18. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Сухих Ю.И. и др. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. — Томск: Изд-во «Курсив», 2006. — 216 с.
19. Уфимцева М.Д., Терехова Н.В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. — СПб.: Наука, 2005. — 66 с.
20. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А., Ажаев Г.С. Эколого-геохимическая характеристика атмосферных осадков г. Павлодара // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Докл. II Междунар. науч.-практ. конф. — Семипалатинск, Казахстан, 2002. — Т. 2. — С. 142–154.
21. Михальчук А.А., Язиков Е.Г., Ершов В.В. Статистический анализ эколого-геохимической информации. — Томск: ТПУ, 2006. — 72 с.
22. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии: Учеб. пособие. — Красноярск, Изд-во Красноярского ун-та, 1988. — 208 с.
23. Саев Ю.В. Антропогенные геохимические аномалии свинца. Свинец в окружающей среде. — М.: Наука, 1987. — С. 130–149.
24. Барановская Н.В., Шаймарданова Б.Х., Корогод Н.П., Бигалиев А.Б. Сравнительный анализ элементного состава волос детей из техногенных центров России и Казахстана // Вестник КазНУ. Сер. экологич. — 2008. — № 1 (22). — С. 89–97.
25. Шаймарданова Б.Х., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Корогод Н.П. Томск пен Павлодар облыстарының оңдіріс орталықтарындағы балалар шаштарының элементтік құрамының салыстыру анализі // Биологические науки Казахстана, ПГПИ. — 2008. — № 4. — С. 125–132.
26. Глазовский Н.Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере. Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. — М.: Наука, 1982. — С. 86–95.
27. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. — М.: Изд-во «Недра», 1972. — С. 286.
28. Гамаюрова В.С. Мышьяк в экологии и биологии. — М.: Наука, 1993. — 208 с.