

УДК 504.75:504.05:550.47

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Наркович Дина Владимировна¹,
Narkovich@tpu.ru

Барановская Наталья Владимировна¹,
nata@tpu.ru

Коваль Елена Владимировна¹,
lena_kowal@mail.ru

Корогод Наталья Петровна²,
natalya_korogod@mail.ru

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

² Павлодарский государственный педагогический институт,
Казахстан, 140000, г. Павлодар, ул. Мира, 60/2.

Актуальность работы обосновывается необходимостью установления критериев оценки состояния окружающей среды. Биогеохимическое изучение всех объектов и компонентов биосферы является весьма актуальной задачей современности. Локальные техногенные преобразования территорий вызывают спонтанные неравномерные поступления элементов в живые организмы. Для оценки степени этого поступления хорошо зарекомендовало себя изучение элементного состава волос человека. Они являются депонирующей средой и могут служить индикатором антропогенного изменения природной среды.

Цель работы: изучение специфики формирования элементного состава волос детского населения под влиянием процессов техногенеза.

Методы исследования: инструментальный нейтронно-активационный анализ (количественное определение 29 химических элементов), масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).

Результаты. Установлены особенности формирования элементного состава волос детей (3–18 лет) в зоне Северного промышленного узла г. Томска, для чего изученная территория была разделена на сектора с учетом преобладающей «розы ветров» (оси проведены через г. Томск). Первый, подверженный наибольшему влиянию техногенеза, – север–северо-восточный сектор, характеризуется преимущественным по сравнению с другими секторами накоплением в волосах Sc, Cr, Zn, Lu, Hf, Au, Th, U, Cs. Второй – восточный сектор, выделяется максимальным по сравнению с другими секторами накоплением Se, Yb, Ag, Eu в концентрациях, выше среднеобластных значений. Третий – западный сектор, характеризуется самым высоким уровнем накопления Sb. Четвертый, южный сектор, можно рассматривать как фоновый с низкими концентрациями большинства из изученных элементов. Дополнительно было проведено сравнение полученных данных с результатами содержания химических элементов в составе волос населения городов Северск и Томск. Анализ показал, что г. Северск в сравнении с другими изученными территориями характеризуется максимальным накоплением Vg, Ta, U и Se. Для проб волос, отобранных на территории г. Томска, специфичными элементами можно считать La, Sm и Eu. В поселках, расположенных вблизи хвостохранилищ, отмечается накопление элементов в изученном материале в количествах, превышающих фоновый уровень до 6,5 раза. Для волос из обоих поселков характерен высокий уровень (выше 2,5 фона) содержания Au, Ag, Tl, Re, Eu, Li.

Выводы. Элементный состав детского населения на территории Томского района отражает специфику техногенного влияния разнопрофильных производств Северного промышленного узла г. Томска и в целом формируется под совокупным влиянием природных и техногенных факторов. На участках, подверженных наибольшему техногенному прессингу (в север–северо-восточном направлении от г. Томска), в составе волос отмечаются более высокие концентрации элементов по сравнению со среднеобластными показателями и фоном и более широкий перечень таких элементов. Городские территории выделяются накоплением в детских волосах брома и редкоземельных элементов. Населенные пункты, не подверженные основному влиянию промышленных объектов и находящиеся в тридцатикилометровой зоне воздействия СХК, при изменении преимущественного направления ветрового переноса веществ также испытывают техногенное воздействие. Юг Томского района можно рассматривать как фоновый с низкими концентрациями большинства из изученных элементов. Томский район как наиболее техногенно-трансформированная территория отмечается специфичным концентрированием в волосах детей элементов-лантаноидов. Показатели соотношения радиоактивных и редкоземельных элементов являются яркими индикаторами условий техногенеза. На территориях со складированными отходами обогатительного производства отмечается концентрирование в волосах детского населения химических элементов, отражающих специфику добываемого и перерабатываемого сырья. Таким образом, волосы детей служат ярким показателем техногенной нагрузки на территории проживания.

Ключевые слова:

Волосы детей, элементный состав, биогеохимическая специфика, окружающая среда, редкоземельные элементы, техногенез.

Введение

Потенциально любая промышленная технология содержит угрозу здоровью человека и экологии. При этом воздействие на все природные среды носит накопительный характер и может продолжаться годами. К локальным факторам, формирующим состав волос в районах деятельности промышленных предприятий, относится как воздействие самих техногенных объектов, так и наличие геохимических аномалий ввиду расположения месторождений полезных ископаемых, а также объектов хранения отходов горнорудного сырья.

Отходы горнодобывающей и металлургической промышленности, считающиеся низкотоксичными, до настоящего времени складываются и хранятся в различных накопителях, зачастую без соблюдения соответствующих экологических норм и требований. К сожалению, не учитывается долговременность действия таких источников. В результате почва, подземные и поверхностные воды многих регионов подвержены интенсивному загрязнению в течение десятков лет. А по трофическим цепям происходит передача загрязняющих веществ человеку.

В связи с необходимостью оценки экологической ситуации в таких регионах все большую актуальность приобретают исследования, позволяющие сравнительно легко и эффективно оценивать обстановку. Для этих целей хорошо зарекомендовало себя изучение элементного состава биосубстратов человека (волосы, ногти, кровь и др.), состав которых может выступать в качестве геоиндикатора изменения природной среды под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека [1, 2]. Правомерность и эффективность использования волос в анализе эколого-токсикологических корреляций доказана результатами многих исследователей [3–9] и рядом международных координационных программ, выполненных под эгидой Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) [10, 11].

Волосы человека способны депонировать химические элементы в своей структуре в высоких концентрациях. Кроме того, простота отбора проб и легкая подготовка их для анализа – выгодные преимущества этого материала.

Характеристика территории и объекта исследования

К территориям с развитым техногенезом относится зона Северного промышленного узла (СПУ) г. Томска. Здесь сосредоточена основная масса промышленных предприятий Томского района, среди которых предприятия агропромышленного и топливно-энергетического комплексов, крупнейший в стране нефтехимический комбинат (ТНХК). Кроме того, на данной территории функционирует крупнейший в России завод по производству оружейного плутония и обогащенного урана, предприятие ядерно-топливного цикла – Сибирский химический комбинат (СХК).

Комбинат включал реакторное, радиохимическое и металлургическое производства, а также 5 промышленных реакторов (из которых до последнего времени эксплуатировались два, а в настоящее время остановлены все), 50 хранилищ жидких и твердых радиоактивных отходов и скважины, через которые производится закачка в подземные горизонты жидких радиоактивных отходов [12].

Проведенные после аварии 6 апреля 1993 г. на СХК комплексные исследования позволили картировать ореолы распространения загрязняющих веществ, в том числе радиоактивных, в зоне влияния данного объекта. Как показали исследования летней экспедиции НПО «Тайфун» (г. Обнинск), загрязнение почв цезием-137 близлежащих территорий по преобладающему направлению ветрового переноса обусловлено штатными и аварийными выбросами СХК за весь период работы. Обнаруженные в процессе съемки участки с повышенной плотностью загрязнения местности цезием-137 (от 0,2 до 1 Кюри/км²) расположены широким веером и находятся вне охраняемой территории СХК на удалении до 30...40 км от него, преимущественно в северо-восточном направлении (рис. 1). Цезий-137 является одним из характерных веществ, выбрасываемых при работе предприятий комбината [12, 13].

Кроме того, по данным картирования за 1993 г. и изучения элементного состава различных природных сред техногенному влиянию в наибольшей степени подвержены г. Северск и северо-восточный сектор района относительно г. Томска – это зона ветрового переноса веществ с территорий Северного промышленного узла (предприятия СХК, ТНХК и ряд других) и предприятий г. Томска [14–17].

Для выявления ситуации в Томском районе он был условно разделен на сектора влияния Томск-Северской промышленной агломерации с учетом преобладающей «розы ветров» (оси проведены через г. Томск). Были выделены сектора: 1) север-северо-восточный, 2) восточный, 3) южный, 4) западный (рис. 1).

К первому сектору отнесены следующие населенные пункты: Козюлино, Моряковский Затон, Орловка, Кижирово, Самусь, Черная Речка (Юкса), Наумовка, Георгиевка. В состав второго сектора включены: Воронино, Семилужки, Октябрьское, Копылово, Конино, Корнилово, Рассвет, Новоархангельск, Халдеево. В третий сектор входят: Черная Речка и Лоскутово. В составе четвертого сектора оказались: Зоркальцево, Губино, Нелюбино, Березкино, Половинка.

Сравнительный анализ содержаний химических элементов был произведен и для городов Томск и Северск.

В статье также рассматриваются территории с наличием таких техногенных систем, как складированные отходы обогащения сульфидных руд. Исследования проводились в Кемеровской области в

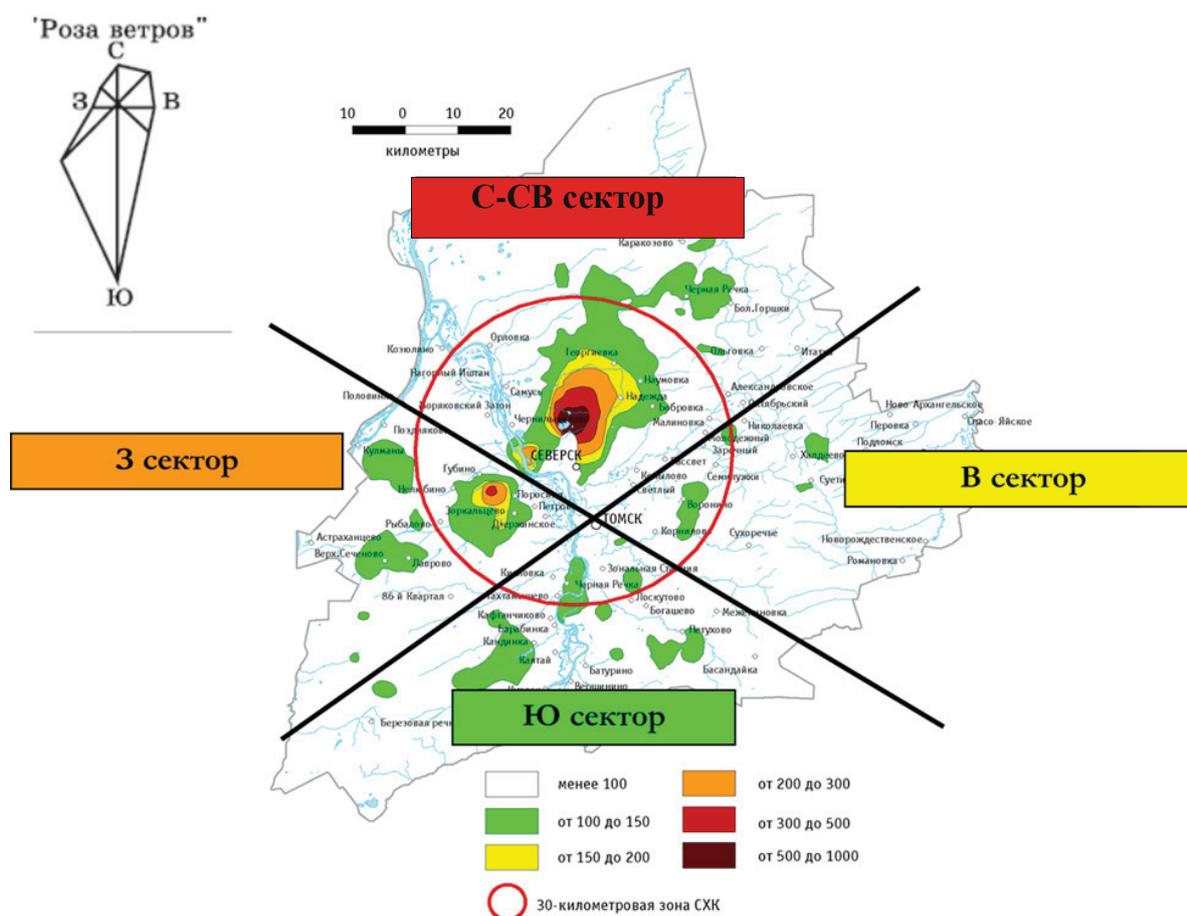


Рис. 1. Схематическая карта плотности загрязнения почв ^{137}Cs (mKu/m^2) вокруг СХК по результатам аэрогамма-съемки на сентябрь 1993 г. (по материалам НПО «Тайфун») с изменениями. Территория Томского района условно разделена на сектора по степени влияния предприятий Северного промышленного узла. Условные обозначения: Ю сектор – южный сектор влияния СПУ (условно фоновая территория); В сектор – восточный сектор влияния СПУ; З сектор – западный сектор влияния СПУ; С-СВ сектор – сектор север-северо-восточного направления влияния СПУ

Fig. 1. Schematic map of ^{137}Cs soil contamination density (mKu/m^2) around the Siberian Chemical Combine by the results of airborne gamma-shooting in September 1993 (based on the SPA «Typhoon»), as amended. The territory of Tomsk region is conventionally divided into sectors according to the degree of influence of the enterprises of the Northern industrial junction: Ю сектор is the southern sector of the impact of Northern industrial junction (background area); В сектор is the eastern sector of the impact of Northern industrial junction; З сектор is the western sector of the impact of Northern industrial junction; С-СВ сектор is the sector of north-northeastern direction of the impact of Northern industrial junction.

населенных пунктах Урск, Комсомольск и Макарак. Первые два поселка расположены в непосредственной близости к хвостохранилищам крупных горно-обогатительных заводов. Урское хвостохранилище было образовано в 30-х годах прошлого века и содержит отходы цианирования первичных полиметаллических Cu-Zn-серноколчеданных руд зоны окисления Урского месторождения. Хвосты Комсомольского хвостохранилища являются отходами Комсомольского золотоизвлекательного завода. Он был введен в эксплуатацию в 1937–1940 гг. На заводе цианированием перерабатываются золото-арсенопирит-кварцевые руды. Поселок Макарак Кемеровской области, расположенный в удалении от объектов складирования отходов горно-обогатительных предприятий, был выбран в качестве фонового объекта.

Методика исследований

Отбор образцов волос детского населения на территории Томского района производился в период с 2000 по 2011 г. Пробы волос были взяты у детей (мальчиков и девочек) в возрасте от 3 до 18 лет. Всего исследовано 182 образца. В Кемеровской области исследования проводились в 2015 г., количество образцов волос составило 21 шт. Методика отбора проб выполнялась в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ (1980) [10, 11].

Отбор материала производился у детей дошкольного и школьного возраста. В выборку включались дети, не имеющие отклонений по медицинским показателям, коренные жители.

Волосы отбирались не менее чем с пяти точек головы (затылочной, височной, теменной, лобной областей). Пряди срезались ножницами из нер-

жавеющей стали в нескольких миллиметрах от корня, упаковывались в полиэтиленовые пакеты. Масса пробы составляла 200...500 мг. При взятии образцов фиксировался возраст, пол, полное имя, адрес проживания и место рождения.

В пробоподготовку входила отмывка волос дважды попеременно в ацетоне и дистиллированной воде и высушивание при комнатной температуре. При очистке волос от внешних загрязнений использовался широко применяемый способ, эффективность которого показана в работах Л.И. Жук и А.А. Киста [1, 18]. Для подготовки к аналитическим исследованиям проба волос измельчалась ножницами из нержавеющей стали до сегментов длиной около 0,5 см.

Для количественного определения химических элементов в волосах детского населения Томского района Томской области использовался метод многоэлементного инструментального нейтронно-активационного анализа, выполненный на Томском исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (аналитики А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская). Измерения производились на гамма-спектрометре с германий-литиевым детектором.

Элементоопределение для волос детей из Кемеровской области было выполнено на масс-спектрометре с магнитным сектором ELEMENT-2 (Finnigan MAT), обладающем двойной фокусировкой и позволяющем регистрировать сигнал в трех разрешениях. В качестве внутреннего стандарта выбран Rh с концентрацией 0,2 нг/л. Для градуирования при расчетах содержаний использованы сертифицированные мультиэлементные растворы CLNS 1–4 (SPEX, USA). Правильность результатов ICP-MS

контролировалась с помощью стандартного образца Байкальского окуня БОК-2. Анализ выполнялся в Химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск) (аналитик Н.В. Федюнина).

Результаты исследований и их обсуждение

Основная доля изученных элементов в составе волос детей в Томском районе имеет достаточно большой разброс значений от минимума к максимуму, что говорит о высокой неоднородности геохимической обстановки на территории района, обусловленной наличием сильных источников воздействия (рис. 2).

Проведенная сравнительная характеристика накопления химических элементов в волосах детей на близлежащих к СПУ территориях (согласно делению по секторам), показала, что наиболее широкий спектр элементов в концентрациях, превышающих среднеобластные значения, выделяется именно для сектора север-северо-восточного направления. Здесь наблюдается преимущественное для всей изученной территории района накопление в волосах Sc, Cr, Zn, Lu, Hf, Au, Th (рис. 3). Уровень накопления Cs в волосах детей хоть и находится ниже среднеобластного, но значительно превышает показатели в других секторах, и в целом этот элемент фиксируется в зоне влияния СХЖ и на городских территориях (рис. 3). Среди локальных источников возможного поступления перечисленных элементов могут быть ТЭЦ и ГРЭС городов Томска и Северска, работающие на угле, а также некоторые промышленные предприятия областного центра. По данным А.Ю. Шатилова, эти источники являются преобладающими по поступлению анализируемых элементов с пылеаэрозольными выпадениями [15].

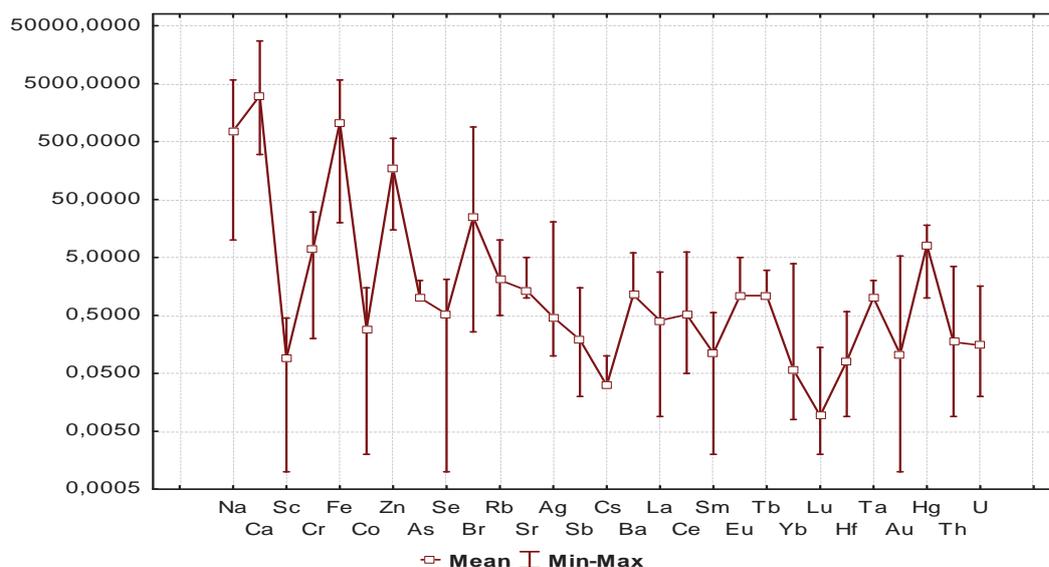


Рис. 2. Среднее содержание элементов в волосах детского населения Томского района (мг/кг сухого веса)

Fig. 2. Average content of elements in the hair of the infant population of Tomsk region (mg/kg, dry weight)

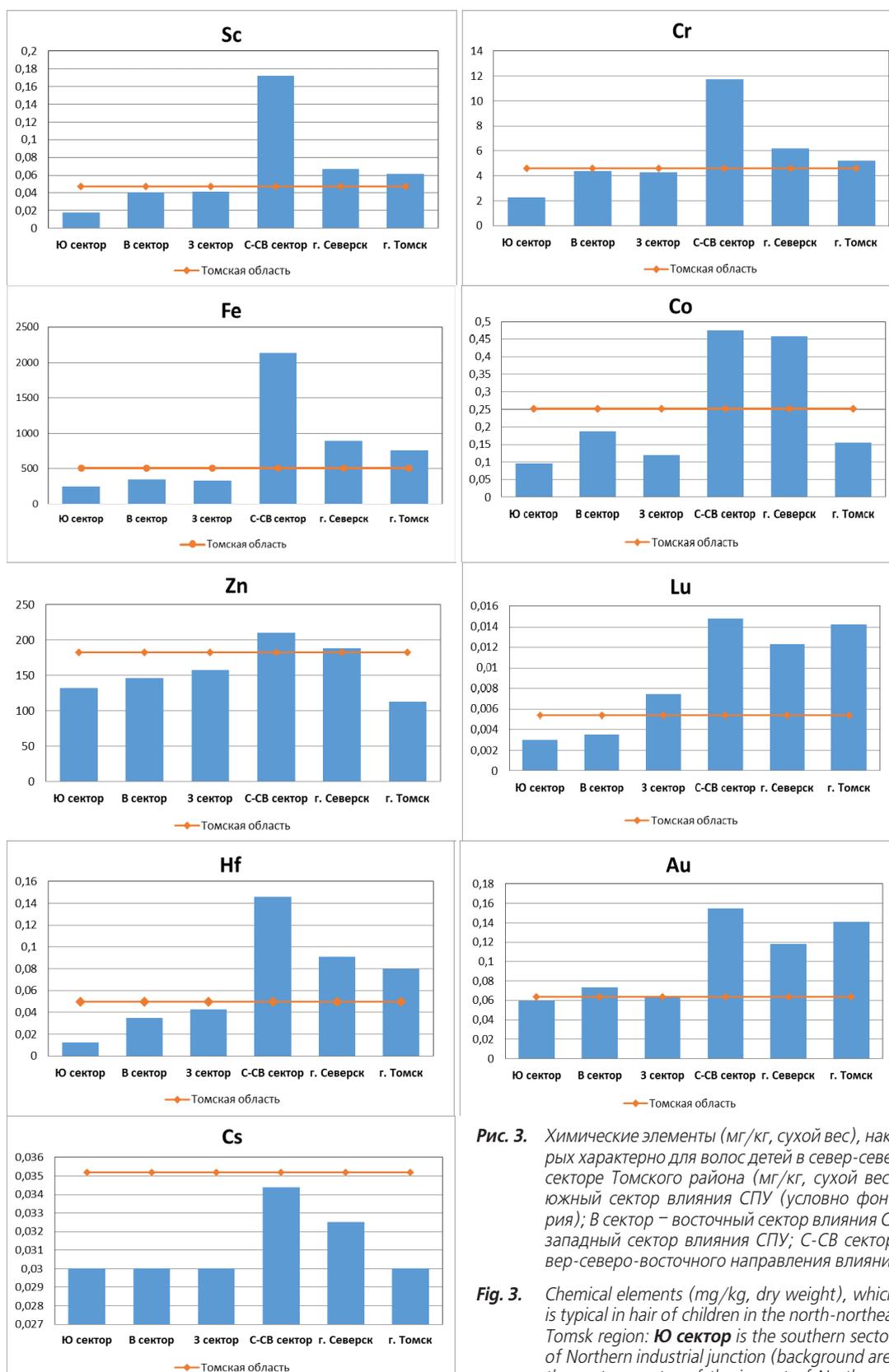


Рис. 3. Химические элементы (мг/кг, сухой вес), накопление которых характерно для волос детей в север-северо-восточном секторе Томского района (мг/кг, сухой вес): Ю сектор – южный сектор влияния СПУ (условно фоновая территория); В сектор – восточный сектор влияния СПУ; З сектор – западный сектор влияния СПУ; С-СВ сектор – сектор север-северо-восточного направления влияния СПУ

Fig. 3. Chemical elements (mg/kg, dry weight), which accumulation is typical in hair of children in the north-northeastern sector of Tomsk region: Ю сектор is the southern sector of the impact of Northern industrial junction (background area); В сектор is the eastern sector of the impact of Northern industrial junction; З сектор is the western sector of the impact of Northern industrial junction; С-СВ сектор is the sector north-northeastern direction of the impact of Northern industrial junction

В целом предприятия топливно-энергетического комплекса, а также промышленные объекты г. Томска, оказывают сильное воздействие на природные среды, что приводит к повышенному относительно среднеобластных показателей содержанию в волосах Sc, Cr, Fe, Co, Hf. Именно с неоднородностью распределения связан факт присутствия в пробах на контрольных участках и более удаленных от промышленных предприятий территориях элементов в количествах, не превышающих пределы определения данным видом анализа [19].

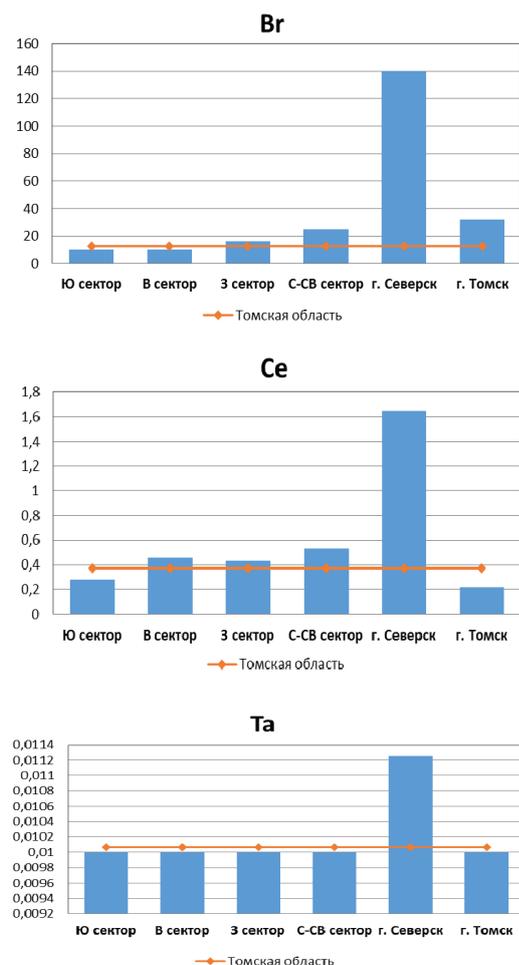


Рис. 4. Химические элементы (мг/кг, сухой вес), накопление которых характерно для волос детей из г. Северска. Условные обозначения: Ю сектор – южный сектор влияния СПУ (условно фоновая территория); В сектор – восточный сектор влияния СПУ; З сектор – западный сектор влияния СПУ; С-СВ сектор – сектор север-северо-восточного направления влияния СПУ

Fig. 4. Chemical elements (mg/kg, dry weight), which accumulation is typical for children's hair of Seversk: Ю сектор is the southern sector of the impact of Northern industrial junction (background area); В сектор is the eastern sector of the impact of Northern industrial junction; З сектор is the western sector of the impact of Northern industrial junction; С-СВ сектор is the sector north-northeastern direction of the impact of Northern industrial junction

В то же время импактные зоны дают в целом по району превышение над средним относительно области уровнем, составляющее минимально в 1,2 раза для Sm, а максимально – в 2,7 раз для Th [20].

Город Северск, по сравнению с Томском и выделенными секторами, характеризуется максимальным накоплением Br, Ta, U и Ce (рис. 4, 7).

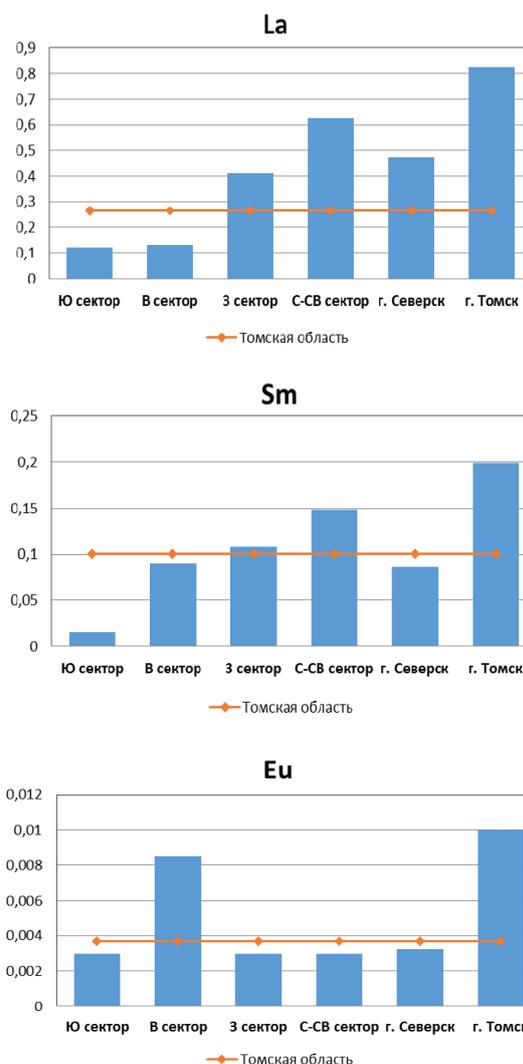


Рис. 5. Химические элементы (мг/кг, сухой вес), накопление которых характерно для волос детей из г. Томска. Условные обозначения: Ю сектор – южный сектор влияния СПУ (условно фоновая территория); В сектор – восточный сектор влияния СПУ; З сектор – западный сектор влияния СПУ; С-СВ сектор – сектор север-северо-восточного направления влияния СПУ

Fig. 5. Chemical elements (mg/kg, dry weight), which accumulation is typical for children's hair of Tomsk: Ю сектор is the southern sector of the impact of Northern industrial junction (background area); В сектор is the eastern sector of the impact of Northern industrial junction; З сектор is the western sector of the impact of Northern industrial junction; С-СВ сектор is the sector north-northeastern direction of the impact of Northern industrial junction

Для волос, отобранных на территории г. Томска, специфичными элементами можно считать La, Sm и Eu (рис. 5). Причем последний также выявлен в повышенных концентрациях и в пробах из восточного сектора, что, вероятно, может свидетельствовать и влиянии на формирование состава волос на этих территориях месторождений циркон-ильменитовых песков с примесями редкоземельных элементов.

В качестве источника сурьмы в состав волос детей на территории Томского района могут рассматриваться промышленные предприятия г. Томска (ТЭЦ-3), а также Томский нефтехимический комбинат, именуемый в настоящее время «Сибур» [15, 16, 21, 22]. По нашим данным, более высокий уровень накопления Sb отмечается именно в западном секторе и на территории г. Томска (рис. 6).

При изменении преимущественного направления ветрового переноса веществ населенные пункты южного и западного сектора, находящиеся в тридцатикилометровой зоне воздействия СХК, также испытывают техногенное воздействие. Это отражается в превышении относительно среднеобластного уровня содержания в волосах детей Sb, Lu, La и др. элементов (рис. 3, 5, 6).

При рассмотрении графиков содержания химических элементов для восточного сектора можно отметить следующие особенности: первое – только в данном секторе фиксируется накопление Se в концентрациях, выше среднеобластных значений; второе – здесь происходит максимальное накопление Yb и фиксируется превышение в накоплении Ag; третье – в волосах детей Eu накапливается вы-

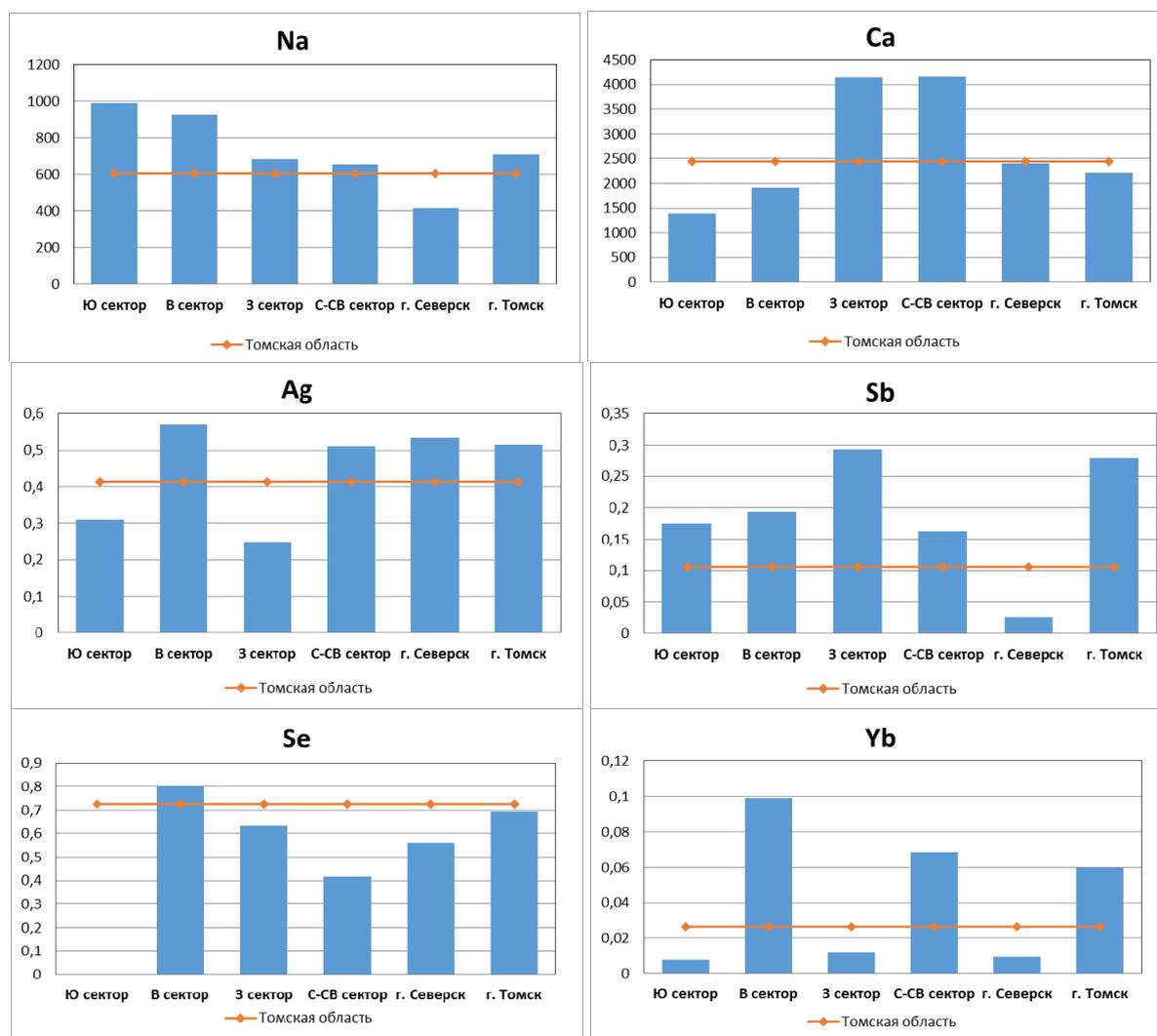


Рис. 6. Содержание химических элементов в составе волос детского населения (мг/кг, сухой вес) в различных секторах Томского района и на урбанизированных территориях. Условные обозначения: Ю сектор – южный сектор влияния СПУ (условно фоновая территория); В сектор – восточный сектор влияния СПУ; З сектор – западный сектор влияния СПУ; С-СВ сектор – сектор север-северо-восточного направления влияния СПУ

Fig. 6. Chemical element content in children's hair (mg/kg, dry weight) in different sectors of Tomsk region and the cities of Seversk and Tomsk: Ю сектор is the southern sector of the impact of Northern industrial junction (background area); В сектор is the eastern sector of the impact of Northern industrial junction; З сектор is the western sector of the impact of Northern industrial junction; С-СВ сектор is the sector north-northeastern direction of the impact of Northern industrial junction

ше среднеобластных значений (рис. 5, 6). По совокупности выделенных особенностей можно говорить о преимущественном влиянии природных факторов на формирование элементного состава волос в восточном секторе, под которыми, с высокой степенью вероятности, стоит подразумевать влияние месторождений циркон-ильменитовых песков с примесями редкоземельных элементов и других геологических особенностей территории.

Южный сектор можно рассматривать как фоновый с низкими концентрациями большинства из изученных элементов.

Распределение радиоактивных элементов на рассматриваемой территории Томского района имеет свои особенности. Уран, наряду с La, Ce и Ta, нами отнесен к группе элементов, поступающих в окружающую среду в результате работы предприятий ядерно-топливного цикла. Ранее для территории Челябинской области с наличием объекта ядерно-топливного цикла ПО «Маяк» был установлен схожий спектр элементов, накапливающихся в составе волос выше среднего уровня [23].

Максимальные концентрации урана в волосах отмечаются у детей, проживающих в г. Северске, в меньших количествах он накапливается в волосах в север-северо-восточном секторе (рис. 7).

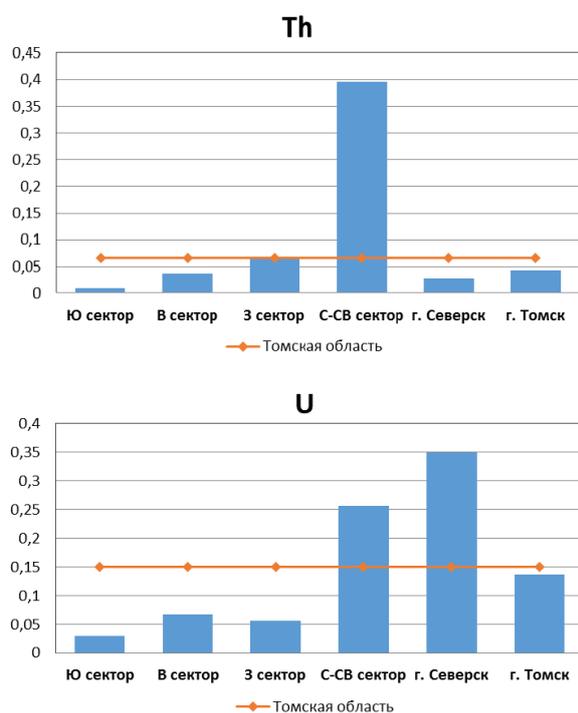


Рис. 7. Содержание радиоактивных элементов (мг/кг, сухой вес) в волосах детского населения в разных секторах Томского района и гг. Северск и Томск

Fig. 7. Content of radioactive elements (mg/kg, dry weight) in children's hair in different sectors of Tomsk region and the cities of Seversk and Tomsk

Значительные превышения среднеобластного уровня по содержанию Th зафиксированы в секто-

ре север-северо-восточного направления от г. Томска (рис. 7). В максимальных количествах Th представлен в волосах детей п. Моряковский Затон. Возможно, мы наблюдаем факт комплексного природно-техногенного влияния, обусловленного как проявлениями циркон-ильменитовых песков вблизи поселка [24], так и функционированием в данном населенном пункте стекольного завода, использовавшего для своей работы пески туганского типа. За счет данной аномалии Томский район характеризуется максимальным накоплением Th среди всех 16-ти районов Томской области [20].

Влияние техногенеза на накопление радиоактивных (U, Th) и редкоземельных элементов (TR) ярко демонстрируют графики их отношений. Так, для отношения Th к сумме TR в волосах детей Томского района характерны максимальные показатели (рис. 8, а).

Следует отметить также достаточно высокие показатели концентрации Th и TR в волосах детей Каргасокского района Томской области, природу возникновения которых мы пока объяснить не можем. Этот район, наряду с другим северным нефтегазоносным районом – Александровским, характеризуется максимальным накоплением урана в волосах детского населения (рис. 8, б). Томский район стоит на третьем месте по уровню содержания урана в волосах.

Ранее проведенные на территории Томской области исследования позволили выявить в районе Северного промышленного узла увеличение концентрации и изменение отношений некоторых редкоземельных элементов в ряде сред. Отмечалось, что интенсивный совокупный ореол редкоземельных элементов обусловлен как природными, так и антропогенными факторами со стороны СХК, ТНХК, что особенно ярко просматривается по изучению геохимических особенностей снега [24].

Для волос характерен комбинированный путь поступления элементов в их структуру, в большей степени обусловленный пылеарозольными включениями.

Полученные нами данные подтверждают результаты по другим средам на территории СПУ. При рассмотрении отношений легких лантаноидов к тяжелым (La/Yb) и их сумм (La+Ce/Yb+Lu) Томский район характеризуется обособленным положением среди других районов (рис. 9), что обуславливается высокими концентрациями тяжелых лантаноидов в составе волос детей на данной территории. Подобная картина подтверждает смешанную природу поступления элементов в изучаемую биосреду.

Территории, подвергающиеся мощному техногенному прессингу, имеют специфический биогеохимический портрет. Следует отметить, что индикаторная роль элементов на техногенно-напряженных территориях подтверждается нашими последними данными по изучению территорий рас-

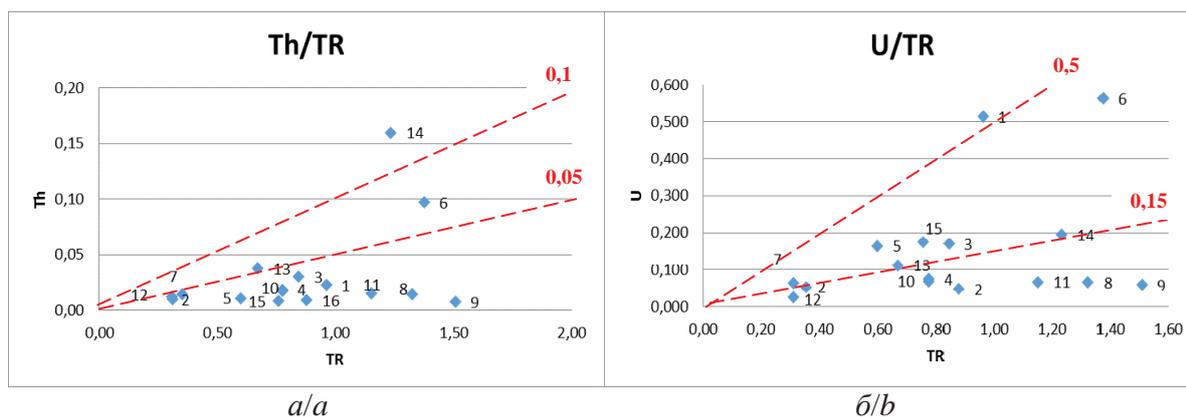


Рис. 8. Показатель отношения содержания а) Th и б) U к сумме редкоземельных элементов в волосах детского населения в районах Томской области: 1 – Александровский; 2 – Асиновский; 3 – Бакчарский; 4 – Верхнекетский; 5 – Зырянский; 6 – Кargasокский; 7 – Кожевниковский; 8 – Колпашевский; 9 – Кривошеинский; 10 – Молчановский; 11 – Парabelьский; 12 – Первомайский; 13 – Тегульдeтский; 14 – Томский; 15 – Чаинский; 16 – Шегарский

Fig. 8. Ratio of a) Th and b) U to the total content of rare earth elements in children's hair in Tomsk region districts: 1 – Alexandrovsky; 2 – Asinovsky; 3 – Bakcharsky; 4 – Verkhneketsky; 5 – Zyriansky; 6 – Kargasoksky; 7 – Kozhevnikovsky; 8 – Kolpashevsky; 9 – Krivosheinsky; 10 – Molchanovsky; 11 – Parabelsky; 12 – Pervomaysky; 13 – Teguldetsky; 14 – Tomsky; 15 – Chainsky; 16 – Shegarsky

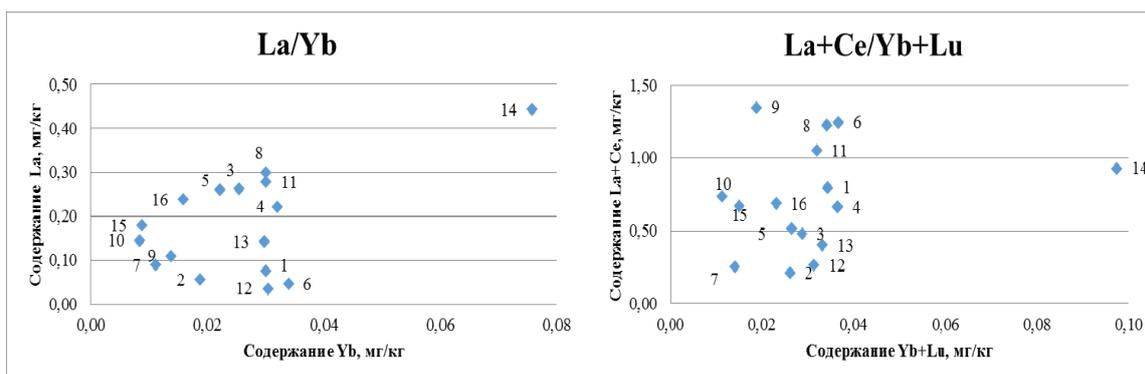


Рис. 9. Показатели La/Yb и La+Ce/Yb+Lu по данным элементного состава волос детского населения в районах Томской области: 1 – Александровский; 2 – Асиновский; 3 – Бакчарский; 4 – Верхнекетский; 5 – Зырянский; 6 – Кargasокский; 7 – Кожевниковский; 8 – Колпашевский; 9 – Кривошеинский; 10 – Молчановский; 11 – Парabelьский; 12 – Первомайский; 13 – Тегульдeтский; 14 – Томский; 15 – Чаинский; 16 – Шегарский

Fig. 9. Indicators of La/Yb and La+Ce/Yb+Lu according to data of elemental composition of children's hair in Tomsk region districts: 1 – Alexandrovsky; 2 – Asinovsky; 3 – Bakcharsky; 4 – Verkhneketsky; 5 – Zyriansky; 6 – Kargasoksky; 7 – Kozhevnikovsky; 8 – Kolpashevsky; 9 – Krivosheinsky; 10 – Molchanovsky; 11 – Parabelsky; 12 – Pervomaysky; 13 – Teguldetsky; 14 – Tomsky; 15 – Chainsky; 16 – Shegarsky

положения хвостохранилищ горнодобывающих производств (поселки Комсомольск и Урск Кемеровской области).

По отношению к фону (п. Макарак Кемеровской области) можно выделить следующие геохимические ряды накопления элементов в составе волос детского населения:

- 1) в п. Комсомольск Ag 5,3 > Au 4,4 > Tl 3,7 > Ba 2,9 > V 2,8 > Eu 2,6 > Re 2,6 >> Li 2,5 > Er 2,4 > Na = K 2,2 > Ca = Bi = U 2 > Be 1,9 > Mg = Sr = Pt 1,8 > Sb 1,7 > Lu 1,6 > Ti = As 1,5;
- 2) в п. Урск Re 6,5 > Au 5,6 > Sb 5,2 > Ag 5 > Ta 5 > Eu 4,3 > Sn 4,2 > Li 3,5 > Be 3,4 > U 3,3 > Tl 3 > Mg 2,7 > Na 2,2 > K = Ca = As 2 > Sr 1,8 > Ni 1,7 > Pt 1,6 > Er 1,5.

Складированные отходы обогащения оказывают неблагоприятное влияние на окружающие территории. Высвобождение и миграция элементов из хвостов приводит к их широкому распространению и последующему концентрированию в различных объектах окружающей среды. Волосы человека накапливают в своей структуре химические элементы в больших количествах. В целом, чем больше поток поступающих в структуру волос элементов, тем выше уровень накопления. В поселках, расположенных вблизи хвостохранилищ, отмечается накопление элементов в изученном материале в количествах, превышающих фоновый уровень в 1,5–6,5 раза. Для волос из обоих поселков характерен высокий уровень (выше 2,5 фона) со-

держания Au, Ag, Tl, Re, Eu, Li. Имеющиеся различия, вероятнее всего, обусловлены минералогеохимическим составом складированных в хвостохранилищах отходов.

Выводы

Элементный состав детского населения на территории Томского района отражает специфику техногенного влияния разнопрофильных производств Северного промышленного узла г. Томска и в целом формируется под совокупным влиянием природных и техногенных факторов. На участках, подверженных наибольшему техногенному прессингу (в север-северо-восточном направлении от г. Томска), в составе волос отмечаются более высокие концентрации элементов, по сравнению со среднеобластными показателями и фоном, и более широкий перечень таких элементов. Городские территории выделяются накоплением в детских волосах брома и редкоземельных элементов. Населенные пункты, не подверженные основному влиянию промышленных объектов и находящиеся в тридцати-

километровой зоне воздействия СХК, при изменении преимущественного направления ветрового переноса веществ также испытывают техногенное воздействие. Юг Томского района можно рассматривать как условно фоновый с низкими концентрациями большинства из изученных элементов.

Томский район как наиболее техногенно-трансформированная территория отмечается специфичным концентрированием в волосах детей элементов-лантаноидов. Показатели соотношения радиоактивных и редкоземельных элементов являются яркими индикаторами условий техногенеза.

На территориях со складированными отходами обогатительного производства отмечается концентрирование в волосах детского населения химических элементов, отражающих специфику добываемого и перерабатываемого сырья. Таким образом, волосы детей служат ярким показателем техногенной нагрузки на территории проживания.

Исследования на территории Кемеровской области выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15-17-10011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. – Ташкент: ФАН, 1987. – 235 с.
2. Kist A.A., Zhuk L.I. Human hair composition and the problems of global ecology. – Tashkent, USSR: Institute of Nuclear Physics of the Uzbek Academy of Sciences, 1991. – 60 p.
3. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil / M.F.H. Carneiro, M. Moresco, G.R. Chagas, V.C. Oliveira Souza, C. Rhoden, Jr. F. Barbosa // *Biological Trace Element Research*. – 2011. – V. 143. – Iss. 2. – P. 815–824.
4. Distribution of aluminum in hair of Brazilian infants and correlation to aluminum-adjuvanted vaccine exposure / D. Bohrer, M. Schmidt, C.M. Rejane, G. Dórea José // *Clinica Chimica Acta*. – 2014. – V. 428. – P. 9–13.
5. Indoor metallic pollution and children exposure in a mining city / E. Barbieri, E. Fontúrbel Francisco, C. Herbas, L. Barbieri Flavia, J. Gardon // *Science of the Total Environment*. – 2014. – V. 487. – P. 13–19.
6. Pan Y., Li H. Trace elements in scalp hair from potentially exposed individuals in the vicinity of the Bayan Obo mine in Baotou, China // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2015. – V. 40. – P. 678–685.
7. Rodushkin I., Axelsson M.D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. P. II. A study of the inhabitants of northern Sweden // *The Science of the Total Environment*. – 2000. – V. 262 (1–2). – P. 21–36.
8. Biomonitoring of arsenic, cadmium, lead, manganese and mercury in urine and hair of children living near mining and industrial areas / I. Molina-Villalba, M. Lacasaca, M. Rodriguez-Barranco, A.F. Hernandez, B. Gonzalez-Alzaga, C. Aguilar-Garduco, F. Gil // *Chemosphere*. – 2015. – V. 124. – P. 83–91.
9. Gil F., Hernandez A.F. Toxicological importance of human biomonitoring of metallic and metalloid elements in different biological samples // *Food and Chemical Toxicology*. – 2015. – V. 80. – P. 287–297.
10. Ryabukhin Y.S. Activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants. – Vienna: IAEA, 1978. – PL/50. – 135 p.
11. Element analysis of biological materials. Current problems and techniques with special reference to trace elements. Appendix II. Technical reports series. – № 197. – Vienna: IAEA, 1980. – P. 351–367.
12. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.
13. Состояние компонентов природной среды Томской области по данным эколого-геохимического мониторинга и здоровье населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская, А.М. Беляева, Л.В. Журняк, А.В. Таловская, О.А. Денисова, Ю.И. Сухих // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2008. – № 1. – С. 29–37.
14. Аэрозоли в природных планшетах Сибири / А.П. Бояркина, В.В. Байковский, Н.В. Васильев и др. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1993. – 157 с.
15. Барановская Н.В., Игнатова Т.Н., Рихванов Л.П. Уран и торий в органах и тканях человека // *Вестник Томского государственного университета*. – 2010. – № 339. – С. 182–188.
16. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. – Томск, 2001. – 23 с.
17. Минералого-геохимический состав природно-техногенной составляющей почв Томской агропромышленной агломерации / Е.Г. Язиков, Р.В. Голева, Л.П. Рихванов и др. // *Сибирский экологический журнал*. – 2006. – № 3. – С. 315–324.
18. Zhuk L.I., Kist A.A. Human hair neutron activation analysis: analysis on population level and mapping // *Czechoslov. J. Phys.* – 1999. – V. 49. – S. 1. – P. 339–346.
19. Барановская Н.В. Содержание Fe, Cr, Co, Sc, Hf в волосах населения Томской области // *Проблемы геологии и географии Сибири: Вестник ТГУ*. – Серия «Науки о Земле» (геология, география, метеорология, геодезия). – 2003. – Приложение № 3 (V). – С. 126–128.
20. Барановская Н.В., Швецова Д.В., Судыко А.Ф. Региональная специфика элементного состава волос детей, проживающих на территории Томской области // *Известия Томского политехнического университета*. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 212–220.
21. Таловская А.В. Геоэкологическая оценка территории Томск-Северской промышленной агломерации по результатам изуче-

- ния пылеаэрозольных выпадений // Записки горного института. Полезные ископаемые России и их освоение. – 2006. – Т. 167. – Ч. 2. – С. 128–131.
22. Экология Северного промышленного узла г. Томска. Проблемы и решения / под ред. А.М. Адама. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – 260 с.
23. Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Томск, 2011. – 46 с.
24. Циркон-ильменитовые россыпные месторождения как потенциальный источник развития Западно-Сибирского региона / под ред. Е.Н. Трибунского. – Кемерово: Сарс, 2001. – 217 с.

Поступила 09.06.2016 г.

Информация об авторах

Наркович Д.В., кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Барановская Н.В., доктор биологических наук, профессор кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Коваль Е.В., магистрант кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Корогод Н.П., кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии Павлодарского государственного педагогического института.

UDC 504.75:504.05:550.47

INFLUENCE OF TECHNOGENESIS ON FORMING ELEMENT COMPOSITION OF CHILDRENS HAIR

Dina V. Narkovich¹,
Narkovich@tpu.ru

Natalia V. Baranovskaya¹,
nata@tpu.ru

Elena V. Koval¹,
lena_koval@mail.ru

Natalia P. Korogod²,
natalya_korogod@mail.ru

¹ National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

² Pavlodar State Pedagogical Institute,
60/2, Mira Street, Pavlodar, 140000, Kazakhstan.

The relevance of the research is supported by the necessity to elaborate the criteria for assessing the environment condition. Biogeochemical study of all objects and components of the biosphere is rather relevant task of modern times. Local technogenic transformations of areas cause spontaneous, irregular income of elements to the living organisms. Study of element composition of human hair proved itself to be good for assessing this income degree. Human hair is a deposit environment and can serve as an indicator for anthropogenic change of the environment.

The aim of the study is to investigate the accumulation specificity of chemical elements in the content of children's hair under the influence of technogenesis and to find the indicators of this influence.

The research methods: instrumental neutron activation analysis (quantitative determination of 29 chemical elements), mass-spectrometry with inductively coupled plasma ICP-MS.

Results. The authors have determined the peculiarities of formation of element composition of children's hair (3–18 years old) in the area of Northern industrial hub of Tomsk. For this purpose, the investigated area was divided into sectors taking into account the prevailing «wind rose» (the axes were run across Tomsk). The first sector – the north–north-eastern – is subject to the most influence of technogenesis; in comparison with other sectors it is characterized by the maximal accumulation of Sc, Cr, Zn, Lu, Hf, Au, Th, U, Cs in hair. The second one, the eastern sector, in comparison with the others is distinguished by the maximal accumulation of Se, Yb, Ag, Eu with concentrations, which are higher than average regional values. The third, western, sector is characterized by the highest Sb accumulation level. The fourth one, the southern sector, can be considered as the background sector with low concentrations of the most studied elements. In addition, the authors compared the data with the results of investigation of chemical elements content in the hair of Seversk and Tomsk residents. The investigation shown that Seversk, compared to other areas, is characterized by the maximal accumulation of Br, Ta, U and Ce. For the hair samples from Tomsk, La, Sm and Eu are specific. In the villages, located near tailings, the accumulation level of elements 6,5 times exceeds the background level. For the hair from both villages, the high level (2,5 times exceeds the background) of Au, Ag, Tl, Re, Eu, Li contents is specific.

Conclusions. The element composition of children's hair in the studied area reflects the specificity of technogenic influence of different manufacturing enterprises in Northern industrial hub of Tomsk; and in general, it is formed under the additive effects of natural and technogenic aspects. In the areas with the most active technogenic impact, the concentrations of element in the hair are higher and the range of elements is wider in comparison with the average regional factors and background data. Urban territories are distinguished by Br and rare earth elements accumulation in children's hair. Human settlements, which are not subject to the main impact of industrial enterprises and located in thirty-kilometer area of SCC impact, at prevailing direction of wind transfer of the substances, suffer the technogenic influence. The southern part of Tomsk district can be considered as background area with low concentrations of the majority of the studied elements. The indices of elements ratio are significant indicators of technogenesis conditions. Tomsk district as the most technogenic-transformed area is characterized by specific concentration of lanthanides in the children's hair. In the territories with the stored wastes of enrichment production, the concentration of chemical elements, reflecting the specificity of the produced and recycled materials, is specific for children's hair. Therefore, children's hair is the demonstrating factor of technogenic load on the residential areas.

Key words:

Children's hair, elemental composition, biogeochemical specificity, environment, rare earth elements, technogenesis.

The research in the territory of Kemerovo region was carried out using the grant of the Russian Science Foundation (project no. 15–17–10011).

REFERENCES

- Kist A.A. *Fenomenologiya biogeokhimii i bioneorganicheskoy khimii* [Phenomenology of biogeochemistry and bioinorganic chemistry]. Tashkent, FAN, 1987. 235 p.
- Kist A.A., Zhuk L.I. *Human hair composition and the problems of global ecology*. Tashkent, USSR, Institute of Nuclear Physics of the Uzbek Academy of Sciences, 1991. 60 p.
- Carneiro M.F.H., Moresco M., Chagas G.R., Oliveira Souza V.C., Rhoden C., Barbosa Jr. F. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil. *Biological Trace Element Research*, 2011, vol. 143, Iss. 2, pp. 815–824.
- Bohrer D., Schmidt M., Marques Rejane C., Dorea José G. Distribution of aluminum in hair of Brazilian infants and correlation to aluminum-adjuvanted vaccine exposure. *Clinica Chimica Acta*, 2014, vol. 428, pp. 9–13.
- Barbieri E., Fontúrbel Francisco E., Herbas C., Barbieri Flavia L., Gardon J. Indoor metallic pollution and children exposure in a mining city. *Science of the Total Environment*, 2014, vol. 487, pp. 13–19.
- Pan Y., Li H. Trace elements in scalp hair from potentially exposed individuals in the vicinity of the Bayan Obo mine in Baotou, China. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2015, vol. 40, pp. 678–685.
- Rodushkin I., Axelsson M.D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. A study of the inhabitants of northern Sweden. *Science of the Total Environment*, 2000, vol. 262, pp. 21–36.
- Molina-Villalba I., Lacasaca M., Rodriguez-Barranco M., Hernandez A.F., Gonzalez-Alzaga B., Aguilar-Garduco C., Gil F. Biomonitoring of arsenic, cadmium, lead, manganese and mercury in urine and hair of children living near mining and industrial areas. *Chemosphere*, 2015, vol. 124, pp. 83–91.
- Gil F., Hernandez A.F. Toxicological importance of human biomonitoring of metallic and metalloid elements in different biological samples. *Food and Chemical Toxicology*, 2015, vol. 80, pp. 287–297.
- Ryabukhin Y.S. *Activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace element pollutants*. Vienna, IAEA, 1978. PL/50. 135 p.
- Element analysis of biological materials. Current problems and techniques with special reference to trace elements. *Appendix II. Technical reports series*. No. 197. Vienna, IAEA, 1980. pp. 351–367.
- Rikhvanov L.P. *Obshchie i regionalnye problemy radioekologii* [General and regional problems of radioecology]. Tomsk, TPU Publ. house, 1997. 384 p.
- Rikhvanov L.P., Yazikov E.G., Baranovskaya N.V., Belyaeva A.M., Zhorniyak L.V., Talovskaya A.V., Denisova O.A., Sukhikh Yu.I. Sostoyanie komponentov prirodnoy sredy Tomskoy oblasti po dannym ekologo-geokhimicheskogo monitoringa i zdorove naseleniya [State of environmental components of Tomsk region according to ecological-geochemical monitoring and population health]. *Bezopasnost zhiznedeyatelnosti*, 2008, no. 1, pp. 29–37.
- Boyarkina A.P., Baykovsky V.V., Vasilev N.V. *Aerizoli v prirodnykh planshetakh Sibiri* [Aerosols in natural plates of Siberia]. Tomsk, Tomsk University Press, 1993. 157 p.
- Shatilov A.Yu. *Veshchestvennyy sostav i geokhimicheskaya kharakteristika pylevykh atmosferykh vypadeniy na territorii Obsskogo basseyna*. Avtoref. Dis. Kand. nauk [Material composition and geochemical characteristics of atmospheric deposition of dust on the territory of the Ob basin. Cand. Dis. Abstract]. Tomsk, 2001. 23 p.
- Baranovskaya N.V., Ignatova T.N., Rikhvanov L.P. Uranium and thorium in human organs and tissues. *Tomsk State University Journal, Earth Science Series*, 2010, no. 339, pp. 182–188. In Rus.
- Yazikov E.G., Goleva R.V., Rikhvanov L.P. Mineralogo-geokhimicheskii sostav prirodno-tekhnogennoy sostavlyayushchey pochvy Tomskoy agropromyshlennoy aglomeratsii [Mineralogical and geochemical composition of natural and technogenic components of the soils of Tomsk Agricultural and Industrial Agglomeration]. *Contemporary Problems of Ecology*, 2006, no. 3, pp. 315–324.
- Zhuk L.I., Kist A.A. Human hair neutron activation analysis: analysis on population level and mapping. *Czechoslov. J. Phys.*, 1999, vol. 49, S. 1, pp. 339–346.
- Baranovskaya N.V. Soderzhanie Fe, Cr, Co, Sc, Hf v volosakh naseleniya Tomskoy oblasti [The content of Fe, Cr, Co, Sc, Hf in the hair of the Tomsk region population]. *Problemy geologii i geografii Sibiri: Tomsk State University Journal, Earth Science Series*, 2003, Appendix 3 (V), pp. 126–128.
- Baranovskaya N.V., Shvetsova D.V., Sudyko A.F. Regional specificity of the elemental composition of childrens hair living on the territory of Tomsk region. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 319, no. 1, pp. 212–220. In Rus.
- Talovskaya A.V. Geoekologicheskaya otsenka territorii Tomsk-Severskoy promyshlennoy aglomeratsii po rezul'tatam izucheniya pyleaerizolnykh vypadeniy [Geoecological estimation of the territory of Tomsk-Seversk industrial agglomeration as a result of studying the dust-aerosols fallout]. *Zapiski gornogo instituta. Poleznyie iskopaemyie Rossii i ikh osvoenie*, 2006, vol. 167, P. 2, pp. 128–131.
- Baranovskaya N.V. Zakonomernosti nakopleniya i raspredeleniya khimicheskikh elementov v organizmakh prirodnykh i prirodno-antropogennykh ekosistem. Avtoref. Dis. Dokt. Nauk [Regularities of accumulation and distribution of chemical elements in the organism of natural and natural-anthropogenic ecosystems. Dr. Diss. Abstratc]. Tomsk, 2011. 46 p.
- Tsirkon-ilmenitovye rossypnye mestorozhdeniya – kak potentsialnyy istochnik razvitiya Zapadno-Sibirskogo regiona*. [Zircon-ilmenite placer deposits as a potential source of development of the West Siberian region]. Ed. by E.N. Tribunsky. Kemerovo, Sars Publ., 2001. 217 p.
- Ekologiya Severnogo promyshlennogo uzla g. Tomsk. Problemy i resheniya* [Ecology of the Northern industrial junction of Tomsk. Problems and solutions]. Ed. by A.M. Adam. Tomsk, Tomsk State University Press, 1994. 260 p.

Received: 9 June 2016.

Information about the authors

Dina V. Narkovich, Cand. Sc., senior lector, National Research Tomsk Polytechnic University.

Natalia V. Baranovskaya, Dr. Sc., professor, National Research Tomsk Polytechnic University.

Elena V. Koval, graduate student, National Research Tomsk Polytechnic University.

Natalia P. Korogod, Cand. Sc., associate professor, Pavlodar State Pedagogical Institute.