

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ВОПРОСЫ ХИМИИ

УДК 543.423.1

DOI 10.17223/24135542/9/5

В.И. Отмахов, А.В. Обухова, С.А. Ондар, Е.В. Петрова

*Национальный исследовательский
Томский государственный университет (г. Томск, Россия)*

Определение элементного статуса человека с целью оценки экологической безопасности регионов

Рассмотрено влияние антропогенных факторов на здоровье и элементный статус человека. Проведены исследования элементного статуса населения г. Томска и Усть-Каменогорска для выявления специфически гипо- и гиперэлементозов техногенной природы. С помощью элементного анализа волос установлены гигиенические показатели, отражающие экологические и климатогеографические факторы. Выявлены и обоснованы индивидуальные особенности дисбаланса некоторых элементов в Усть-Каменогорске и Томске.

Ключевые слова: токсичные элементы; волосы; экология; элементный статус; Томск; Усть-Каменогорск.

При увеличении антропогенных факторов техногенный поток загрязняющих веществ и их воздействие на компоненты биосферы усиливаются. Распределение химического состава в биосфере имеет гетерогенный характер. Это связано с неодинаковым уровнем выбросов предприятий в разных регионах. Поступление тяжелых металлов в окружающую среду городов существенно ухудшает экологическое состояние территории и оказывает отрицательное влияние на здоровье человека. Организм человека на протяжении всей жизни постоянно подвергается воздействию окружающей среды, что обусловлено факторами не только природно-географическими, но и связанными с загрязнением среды.

Город Усть-Каменогорск является административным центром Восточно-Казахстанской области. Он известен как крупный промышленный центр и занесен в Книгу рекордов Гиннеса как населенный пункт с самым большим токсичным облаком в мире. Усть-Каменогорск характеризуется неблагоприятными условиями среды обитания, что вызвано как интенсивным процессом урбанизации, так и наличием промышленных предприятий. По городу насчитывается около 170 наименований загрязняющих веществ, из них 22% относится к I классу опасности [1. С. 121]. На данной территории размещены объекты цветной металлургии (ОАО «Казцинк»,

ОАО «Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат», ОАО «Ульбинский металлургический завод»), теплоэнергетики (ТОО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ»), пищевой и перерабатывающей промышленности.

Промышленный профиль Томской области определяют нефтегазохимический, лесозаготовительный и агропромышленный комплексы. Река Томь, на берегу которой расположены населенные пункты, достаточно сильно загрязнена в результате сбросов сточных вод. Отсюда следует достаточно высокая степень загрязнения поверхностных вод с превышением предельно-допустимой концентрации (ПДК) ряда тяжелых металлов (более подробно информация представлена в Государственном докладе [2. С. 20]), поэтому источником водоснабжения города являются подземные воды. Главные экологические проблемы сосредоточены в Томске. Здесь находится основная доля промышленных предприятий, которые входят в так называемый Северный промышленный узел. К ним можно отнести нефтеперерабатывающие (Томский нефтехимический комбинат), ядерно-топливные (Сибирский химический комбинат), энергетические (ГРЭС, ТЭЦ), агропромышленные и другие предприятия.

Целью данной статьи является исследование особенностей элементного статуса населения, проживающего в Усть-Каменогорске и Томске.

Экспериментальная часть

Исследование проводили на реальных образцах, предоставленных женщинами и мужчинами в возрасте от 18 до 70 лет. В соответствии с правилами пробоотбора [3. С. 12], волосы длиной 3–4 см от корня срезали на затылке, в области шеи или на других частях головы. Именно в этой длине содержится самая важная информация о состоянии организма за последние несколько месяцев. Срезанные волосы помещали в специальные пакеты с идентификационными записями. Химический состав волос на содержание 23 элементов определяли методом дуговой атомно-эмиссионной спектроскопии с многоканальным анализатором эмиссионных спектров (ДАЭС с МАЭС) с использованием спектрального комплекса «Гранд», включающего генератор «Везувий-3», полихроматор «Роуланд» (НПО «Оптоэлектроника», Россия).

Взвешенные порции сухих волос (1,0000–5,0000 г) подвергали обжигу в муфельной печи при температуре 500°C в течение 2–3 ч до постоянной массы. После взвешивания зольные остатки гомогенизировали в агатовой ступке, а затем разбавляли графитовым порошком высокой чистоты в 20 и 200 раз. Сухая минерализация позволяет удалить органическую основу образцов без дополнительного использования реактивов и получить концентрат. Навеску 0,015 г разбавленной пробы помещали в кратер анодного угольного электрода (глубина кратера 4 мм, диаметр 3 мм, толщина стенок 1 мм). Противоелектродом служил угольный электрод, заточенный на конус. В качестве стабилизирующей добавки использовали 5%-ный спиртовой раствор NaCl, который добавлялся к пробе с помощью дозатора в объ-

еме 40–50 мкл. Условия регистрации спектров: постоянный ток 13А; расстояние между электродами 0,003 м; время экспозиции 20 с. Для того чтобы достоверно провести спектральный анализ зольного остатка волос на содержание примесей, необходимо было сначала определить в них содержание основных компонентов. Скрининг на содержание преобладающих элементов в зольном остатке волос в смеси с графитовым порошком (1:200) определялся методом ДАЭС с МАЭС. В результате проведенных исследований установлено, что зольный остаток волос преимущественно состоит из следующих элементов (в порядке убывания): $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Zn} > \text{K} > \text{Na} > \text{P}$. Причем содержание кальция превосходит содержание других элементов на порядок и более. Рентгенофазовый анализ (рис. 1) показал, что зольный остаток волос представлен преимущественно двумя кристаллическими фазами: CaSO_4 (75%) и CaCO_3 (25%).

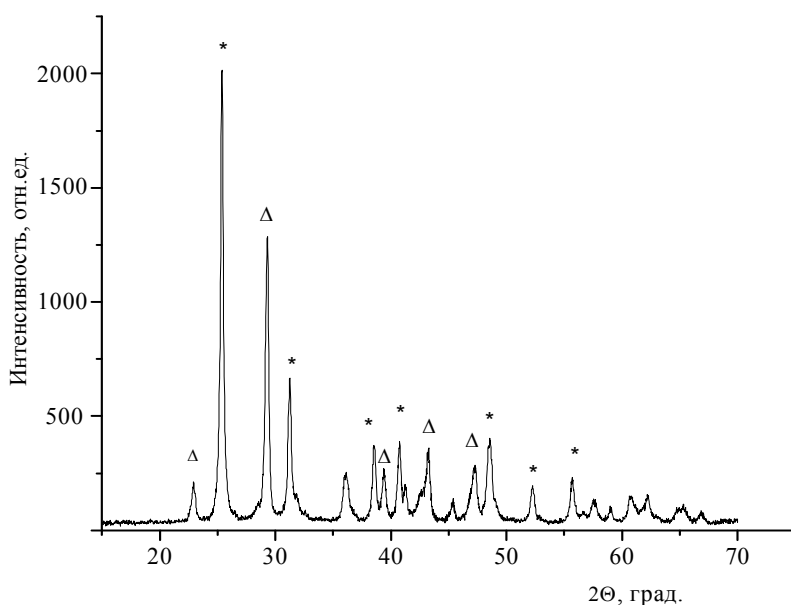


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ зольного остатка волос:
* – сульфат кальция (CaSO_4); Δ – карбонат кальция (CaCO_3)

Основные компоненты зольного остатка волос (CaCO_3 : $\text{CaSO}_4 = 1$:3) могут влиять на процессы испарения и возбуждения микроэлементов в дуговом разряде, искажая результаты их количественного определения методом ДАЭС с МАЭС (матричный эффект). Указанный эффект можно существенно уменьшить разбавлением зольного остатка волос графитовым порошком. Но более чем 10-кратное разбавление нецелесообразно, поскольку содержание ряда микроэлементов оказывается ниже пределов их обнаружения указанным методом. Однако при таком разбавлении не обеспечивается полное устранение влияния макрокомпонентов пробы.

Учет влияния солей кальция на результаты анализа элементов реализован с помощью поправочных коэффициентов, рассчитанных для каждого элемента, с учетом их возможных концентраций в золе волос. Поправочные коэффициенты k рассчитаны как отношение аттестованного содержания элемента к найденному. Коэффициенты корректируют аналитические сигналы. Данная корректировка выражается как в усилении ($k < 1$), так и в ослаблении ($k > 1$) аналитических сигналов примесей, что обусловлено индивидуальными свойствами элементов. Для получения достоверных результатов необходимо учитывать поправочный коэффициент k , используя для расчета формулу

$$c_x = \eta \frac{(c_{\text{изм}} - c_{\text{хол}})q}{Q} k,$$

где c_x – массовая доля определяемого элемента в анализируемой пробе, мкг/г; $c_{\text{изм}}$ – массовая доля определяемого элемента в концентрате анализируемой пробы, измеренная на приборе, мкг/г; $c_{\text{хол}}$ – массовая доля определяемого элемента в концентрате холостой пробы, измеренная на приборе, мкг/г; Q – масса исходной пробы волос, г; q – масса золы волос, г; η – степень разбавления золы волос графитовым порошком; k – поправочный коэффициент, учитывающий влияние основы.

С учетом предлагаемого способа пробоподготовки и учета матричных влияний на основе метрологических подходов [4. С. 16] создана методика количественного определения макро- и микроэлементов волос. Методика прошла метрологическую аттестацию (Свидетельство об аттестации методики (метода) измерений № 08-47/380.01.00143-2013.2016 от 02.02.2016 г.) [5].

Результаты и их обсуждение

Результаты эксперимента представлены в табл. 1. В связи с тем что нормативные показатели содержания большинства химических элементов в волосах не установлены, в качестве ориентировочных значений использованы рекомендуемые в настоящее время референтные значения, предложенные А.В. Скальным [6. С. 79–208].

Результаты исследования показали, что содержание таких элементов, как K, Zn, Cr, Si, Sn, As, находятся в пределах допустимого уровня нормы в обоих городах. При сравнении химического состава образцов волос у жителей г. Усть-Каменогорска и Томска выявлены различия, которые представлены в табл. 2. В данной таблице приведены зависимости процента отклонения от референтного значения. Процент отклонения рассчитывался как отношение величины перекрывания к величине интерквартильного размаха.

Таблица 1

Содержание макро- и микроэлементов в волосах жителей
Усть-Каменогорска и Томска ($P = 0,95$, $n = 20$), мкг/г

Элемент	Референтные значения	Усть-Каменогорск		Томск	
		Интерквартильный размах	Медиана	Интерквартильный размах	Медиана
Ag	0,005–0,2	0,05–0,25	0,14	0,06–0,44	0,17
Al	1–40	82–459	249	17,5–64,7	41,95
As	0,005–1	0,06–0,25	0,1	0,0006–0,16	0,04
Ba	0,2–1	0,55–1,87	1,1	0,75–3,6	1,4
Ca	200–3000	1990–7941	3400	744–5421	2128
Cd	0,05–0,25	0,06–0,14	0,1	0,03–0,1	0,07
Co	0,01–0,5	0,018–0,08	0,04	0–0,04	0,007
Cr	0,1–4	0,102–0,521	0,23	0,09–0,25	0,15
Cu	7,5–20	3,33–4,71	3,8	2,7–9	4,3
Fe	10–50	21,6–51,4	23	2,8–24	9,6
K	25–660	22,5–731,3	290	55–608	188
Li	0,01–0,25	0,198–0,895	0,4	0,1–0,3	0,18
Mg	20–200	108,5–282,1	207	47–245,5	123
Mn	0,1–2	2,3–9,1	5,8	0,58–3,23	1,6
Ni	0,1–2	0,05–0,2	0,1	0,002–0,16	0,06
P	75–200	81–109	88,9	108–759,5	442,32
Pb	0,1–5	1,6–4,3	2,9	0,2–0,9	0,545
Si	10–2000	47–577	177,8	28–118	64,12
Sn	0,05–2,5	0,1–1,1	0,45	0,07–0,45	0,2
Ti	0,5–8	2,2–13	6,1	1,2–7,8	3
V	0,005–0,5	0,006–0,06	0,02	0–0,015	0,002
W	0,01–0,1	0,027–0,1	0,057	0,015–0,8	0,19
Zn	100–250	111,15–249,93	145,49	90–262,5	115

Таблица 2

Отклонения в содержании химических элементов от нормы в волосах жителей
Усть-Каменогорска и Томска, %

Элемент	Отклонение от референтных значений, %		Элемент	Отклонение от референтных значений, %	
	Томск	Усть-Каменогорск		Томск	Усть-Каменогорск
Ag	63,2%↑	25%	Mg	32,9%↑	47%↑
Al	52,3%↑	100%↑	Mn	46,4%↑	100%↑
As	2,8%↑	Не обнаружено	Ni	62%↓	43,3%↓
Ba	91,2%↑	65,9%↑	P	85,8%↑	Не обнаружено
Ca	51,8%↑	83%↑	Pb	Не обнаружено	48,2%↑
Cd	28,6%↓	Не обнаружено	Si	Не обнаружено	Не обнаружено
Co	25%↓	Не обнаружено	Sn	Не обнаружено	Не обнаружено
Cr	6%↓	Не обнаружено	Ti	Не обнаружено	46,3%↑
Cu	76,2%↓	100%↓	V	32,3%↓	Не обнаружено
Fe	33%↓	5%↑	W	88,8%↑	Не обнаружено
K	Не обнаружено	10%↑	Zn	Не обнаружено	Не обнаружено
Li	25%↑	92,6%↑	–	–	–

Примечание. ↑ – превышение максимальной границы допустимого уровня содержания;
↓ – ниже минимальной границы допустимого уровня содержания.

Полученные данные для наиболее токсичных элементов обобщены и представлены в виде диаграмм (рис. 2–3).

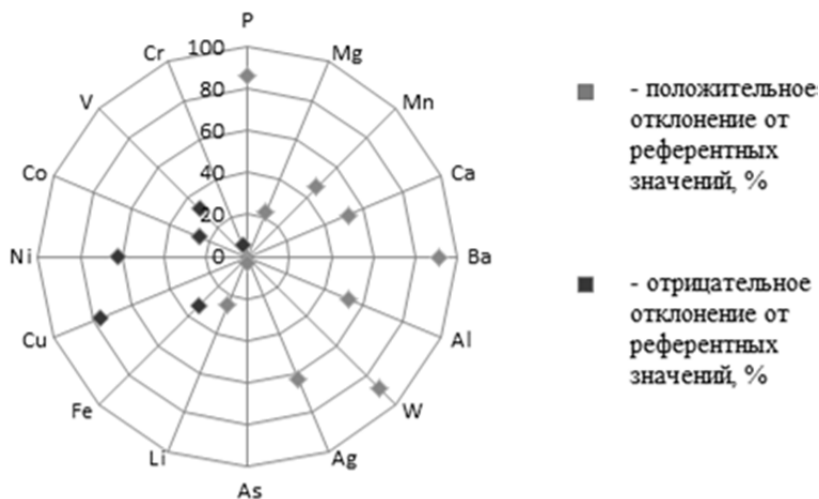


Рис. 2. Распределение химических элементов в волосах у жителей г. Томска, %

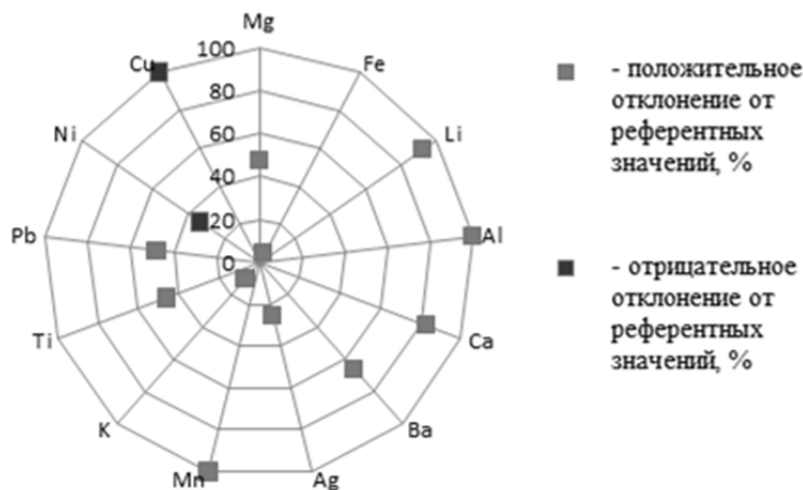


Рис. 3. Распределение химических элементов в волосах у жителей г. Усть-Каменогорска, %

При изучении графического материала распределения элементов в волосах установлено превышение верхней границы допустимого уровня содержания в г. Усть-Каменогорске таких элементов, как Ti, Al, Pb, Mn, Li, Mg, Ca, Ba. По всей видимости, установленное превышение связано с предприятиями цветной металлургии. Избыток Pb сопровождается, как правило, выраженными повреждениями во многих тканях и органах [6. С. 189]. Повышенное содер-

жание Mn может приводить к снижению усвоения Cu организмом, а дефицит Ni зависит от содержания Ca, Zn и Fe, которые являются антагонистами [6. С. 100, 141].

При исследовании образцов волос жителей г. Томска получены данные о дефиците Fe. Вероятно, это может быть связано с формой нахождения данного элемента (Fe^{2+}) в питьевой воде, которая не усваивается организмом [8. С. 8]. Повышенное содержание W, Ba, Mn, Al может быть связано с ОАО «Томский электроламповый завод», который не имеет санитарно-защитной зоны: площадка расположена рядом с жилыми домами. Предприятие выбрасывает в атмосферу около 45 наименований загрязняющих веществ, в том числе W, Ba, Mn, Al и др. Также повышенное содержание Al, W, Mn может быть связано с деятельностью ОАО «Манотомь». Кроме этого, на накопление W может влиять деятельность ОАО «Томский инструмент», а на накопление Mn – эмальобмоточное производство ЗАО «Сибкабель» [Там же. С. 114]. Избыток фосфора свидетельствует о его усиленном выведении из организма и может присутствовать при нарушении кальций-фосфорного обмена [6. С. 54]. Деятельность томской ГРЭС-2 также оказывает влияние, повышая допустимый уровень содержания фосфора [9. С. 119]. Источником повышенного содержания серебра может служить питьевая вода.

Общим отклонением в элементном статусе изученных групп является распространенность избыточного накопления в волосах Al, Ba, Ca, Mn, а также недостаток Ni, Cu. Однако имеются индивидуальные отличия каждого населенного пункта. Коэффициенты превышения содержания в г. Усть-Каменогорске по отношению к содержанию в г. Томске составляют: $k(\text{Al}) = 10$; $k(\text{Mn}) = 4\text{--}3,5$; $k(\text{Ca}) = 1,5$. Особенности микроэлементного обмена (Ca, P, Fe, Mn) носят адаптивный характер и обеспечивают устойчивость организма к патологиям [6. С. 46–85].

Заключение

Данные обследования свидетельствуют о существенном элементном дисбалансе у жителей г. Усть-Каменогорска. Установлена региональная специфика накопления таких элементов, как Ti, Pb, Li, Mg; выявлены особенности, несмотря на общность накопления элементов Al, Ba, Ca, Mn. Практически всем жителям, живущим в Усть-Каменогорске, необходимо употреблять продукты, содержащие Zn, Se, которые способствуют выведению тяжелых металлов и участвуют в антиоксидантной защите [6. С. 92, 120]. При интоксикации используют хелатирующую терапию [7. С. 189]. В г. Томске наблюдается высокий риск развития гиперэлементозов таких техногенных элементов, как W, Ag. Выявлено избыточное содержание Al, Ba, Ca, Mn, P и недостаток Fe, Ni, Cu. Проведенные исследования выявили существенные различия в элементном статусе в зависимости от места проживания и экологической обстановки рассмотренных в работе территорий.

Литература

1. Галямова Г.К. Химические элементы в почвах г. Усть-Каменогорска // Юг России: экология и развитие. 2013. № 2. С. 120–126.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2014 году» / гл. ред. С.Я. Трапезников, редкол. : Ю.В. Лунёва, Н.А. Чатурова, В.А. Коняшкин ; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». Томск : Дельтаплан, 2015. 156 с.
3. МУК 4.1.1482-03 Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой : метод. указ. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 56 с.
4. Отмахов В.И. Структурно-методическая схема создания методик анализа оксидных материалов с применением метода атомно-эмиссионной спектроскопии // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74, № 8. С. 15–17.
5. МУ ФР.1.31.2013.13831 Методика (метод) измерений массовой концентрации элементов в пробах волос методом атомно-эмиссионного анализа с дуговым возбуждением спектра. Свидетельство об аттестации методики (метода) измерений № 08-47/380.01.00143-2013.2016.
6. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине. М. : Оникс 21 век : Мир, 2004. 272 с.
7. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М. : Оникс 21 век : Мир, 2004. 216 с.
8. Видяйкина Н.В. Обеспечение экологической безопасности при использовании сельским населением подземных вод для питьевых целей (на примере Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа) : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2010. 21 с.
9. Жорняк Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2009. 205 с.

Информация об авторах:

Отмахов Владимир Ильич, д-р техн. наук, профессор кафедры аналитической химии Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: otmakhov2004@mail.ru

Обухова Анастасия Валерьевна, бакалавр химического факультета Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: nastyuffka95@mail.ru

Ондар Сайлык Андреевна, студентка химического факультета Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: sailyna@mail.ru

Петрова Елена Васильевна, канд. хим. наук, доцент кафедры аналитической химии Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: elena1207@sibmail.com

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2017, 9, 50-59. DOI: 10.17223/24135542/9/5

V.I. Otmakhov, A.V. Obuhova, S.A. Ondar, E.V. Petrova

Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation)

Determining people's element status to assess the ecological safety of regions

By analyzing the elements present in human hair, it is possible to find the correlation between environmental pollution and its effect on human health. The human body throughout the lifespan is constantly exposed to various environmental factors, which are not only natural and geographic but also related to environmental pollution. The study of anthropogenic pollution is relevant for large cities. The element status of the populations of cities of Tomsk (Russian Federation) and Ust-Kamenogorsk (Kazakh-

stan) has been studied to identify specifically hypo- and hyperelementoses of an anthropogenic nature. By using hair element analysis, hygienic indicators were established that reflect ecological and climatogeographic factors. The chemical composition of the hair for 23 elements was determined by arc atomic emission spectroscopy with a multichannel emission spectra analyzer (AAES with MESA) using the Grand complex, including the Vesuvius-3 generator and the Rowland polychromator (Optoelectronica, Russia).

It was found that the Ust-Kamenogorsk population had an imbalance in 11 elements: barium, calcium, titanium, aluminum, lead, manganese, lithium, magnesium, nickel, and copper, indicating a significant imbalance. The regional specificity of accumulation of such elements as titanium, lead, lithium, and magnesium has been established. However, there are individual differences between the two localities despite the common accumulation of such elements as aluminum, barium, calcium, and manganese. Coefficients of the excess of content in Ust-Kamenogorsk in relation to the content in Tomsk are: $k(\text{Al}) = 10$; $k(\text{Mn}) = 4-3.5$; $k(\text{Ca}) = 1.5$. In light of that, we can conclude that the city of Ust-Kamenogorsk is characterized by unfavorable conditions of the environment caused by the intensive process of urbanization and the presence of industrial enterprises. Distinctive features of the hair composition of Tomsk residents are the excessive contents of silver, phosphorus, and tungsten. Tomsk is characterized by a more favorable environmental situation. The studies revealed significant differences in the element status of people from the two places and the ecological situations of the localities examined in the work.

Keywords: toxic elements; hair; ecology; element status; Tomsk; Ust-Kamenogorsk.

References

1. Galyamova G.K. Khimicheskiye elementy v pochvakh g. Ust-Kamenogorska [*Chemical elements in soils of Ust-Kamenogorsk city*] // Yug Rossii: ekologiya i razvitiye. 2013;2:120–126. In Russian
2. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy Tomskoy oblasti v 2014 godu» [*State report «About the state and protection of the environment of the Tomsk region in 2014»*] / glav. red. S.Ya. Trapeznikov. redkol. : Yu.V. Luneva, N.A. Chaturova, V.A. Konyashkin; Departament prirodnkh resursov i okhrany okr. sredy Tomskoy obl., OGBU «Oblkompriroda». Tomsk : Deltaplan, 2015. 156 p. In Russian
3. MUK 4.1.1482-03. Opredeleniye khimicheskikh elementov v biologicheskikh sredakh i preparatakh metodami atomno-emissionnoy spektroskopii s induktivno-svyazannoy plazmoy i mass-spektrometrii s induktivno-svyazannoy plazmoy: metod. ukaz. [*Determination of chemical elements in biological media and preparations by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy and inductively coupled plasma mass spectrometry*]. Moscow : Federalnyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2003. 56 p. In Russian
4. Otmakhov V.I. Strukturno-metodicheskaya skhema sozdaniya metodik analiza oksidnykh materialov s primeneniym metoda atomno-emissionnoy spektroskopii [*Structural-methodical scheme for creating methods for analyzing oxide materials using atomic emission spectroscopy*] // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2008;74(8):15–17. In Russian
5. MU FR.1.31.2013.13831 Metodika (metod) izmereniy massovoy kontsentratsii elementov v probakh volos metodom atomno-emissionnogo analiza s dugovym vzbuzhdeniyem spektra. Svidetelstvo ob attestatsii metodiki (metoda) izmereniy №08-47/380.01.00143-2013.2016 [MU FR.1.31.2013.13831 Method (method) for measuring the mass concentration of elements in hair samples by atomic-emission analysis with arc excitation]

- of the spectrum. Certificate of attestation of the measurement technique (method) № 08-47 / 380.01.00143-2013.2016]. In Russian*
6. Skalnyy A.V. Bioelementy v meditsine [*Bioelements in Medicine*]. Moscow : Izdatelskiy dom «Oniks 21 vek» : Mir, 2004. 272 p. In Russian
 7. Skalnyy A.V. Khimicheskiye elementy v fiziologii i ekologii cheloveka [*Chemical elements in human physiology and ecology*]. Moscow : Izdatelskiy dom «Oniks 21 vek» : Mir, 2004. 216 p. In Russian
 8. Vidyaykina N.V. Obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti pri ispolzovanii selskim naseleniyem podzemnykh vod dlya pityevykh tseley (na primere Tomskoy oblasti i Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga): avtoref. dis. ...kand. geol.-min. nauk [*Ensuring environmental safety when using the rural population of groundwater for drinking purposes (by the example of the Tomsk region and the Khanty-Mansiysk Autonomous Area). PhD Thesis Abstract*]. Tomsk. 2010. 21 p. In Russian
 9. Zhornyak L.V. Ekologo-geokhimicheskaya otsenka territorii g. Tomsk po dannym izucheniya pochv : dis. ... kand. geologo-mineralogicheskikh nauk [*Ecological and geochemical estimation of the territory of Tomsk according to the soil study data. PhD Thesis*] Tomsk. 2009. 205 p. In Russian

Information about the authors:

Otmakhov Vladimir I., PhD, Professor, Department of Analytical Chemistry Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: otmahov2004@mail.ru

Obuhova Anastasia V., bachelor, Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: nastyuffka95@mail.ru

Ondar Saylyk A., student, Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: sailyna@mail.ru

Petrova Elena V., PhD, Associate Professor, Faculty of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation).
E-mail: elena1207@sibmail.com