

УДК 543.272.8:572.524.22

Л.И. Торопов, А.Г. Полухина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ МОТОВИЛИХИНСКОГО РАЙОНА ГОРОДА ПЕРМИ

*В работе приведены сведения о загрязнении одного из районов г. Перми тяжелыми металлами. Оценка проводилась косвенным образом: путем исследования биосубстратов людей (волосяного покрова головы), проживающих на данной территории. Для изучения состава проб использован многоэлементный спектральный метод анализа. Для повышения чувствительности определения элементов предложен комплексный носитель. Разработана методика атомно-эмиссионного определения 13 элементов в биологических образцах. Установлены места проживания в районе, максимально подверженные загрязнению.*

**Ключевые слова:** окружающая среда; атмосферное загрязнение; тяжелые металлы; биосубстраты.

L.I. Toropov, A.G. Polukhina

Perm State University, Perm, Russia

## INVESTIGATION OF POLYMETALLIC CONTAMINATED TERRITORIES MOTOVILIKHINSKY DISTRICT CITY PERM

*The paper presents data on the pollution of one of the districts of the city of Perm with heavy metals. The evaluation was conducted indirectly: by examining biosubstrates people (scalp), residing in the territory. To study the composition of the samples used multivariate spectral analysis method. To improve the detection sensitivity of the elements offered comprehensive support. The technique of determining the atomic-emission elements 13 in biological samples. Established residence in the area, the most susceptible to contamination.*

**Keywords:** environment; atmospheric pollution; heavy metals; biosubstrates.

### Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ), в отличие от многих загрязнителей, носит глобальный характер, и отрицательная роль их в биосферных процессах неуклонно возрастает. Попадая в атмосферу, гидросферу и почву, металлы и их соединения быстро перемещаются, нанося при этом ущерб природным объектам и, как следствие, человеку. Достигая определенной концентрации в организме, микроэлементы начинают свое губительное воздействие – вызывают отравления, мутации. Наряду с отравлением организма человека, они еще и чисто механически засоряют его – ионы тяжелых металлов оседают на стенках тончайших систем организма и засоряют почечные каналы, каналы печени, таким образом, снижая фильтрационную способность этих органов. Соответственно, это приводит к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности, т.е. самоотравлению организма, так как именно печень отвечает за переработку упомянутых веществ, а почки – за их выведение наружу. Поэтому в последние годы анализ биологических объектов, особенно с применением инструментальных методов анализа, стал одной из основных областей исследования экологии человека. Такие исследования актуальны при диагностике врожденных патологий, профессиональных заболеваний, связанных со спецификой промышленного производства, эко-

логически обусловленных заболеваний. Недостаток жизненно важных элементов в питьевой воде, промышленное загрязнение окружающей среды токсичными и радиоактивными элементами, неполноценное питание, болезни, некоторые лекарственные средства могут приводить к возникновению заболеваний, в основе которых лежит дефицит, избыток или дисбаланс микроэлементов в организме. Следует отметить, что средние содержания микроэлементов на территории Перми в целом превышают фон: по Cd – в 120, Cr – 109, Sn – 82, Ni – 37, Pb – 27, Sr – 21, Ba – 25, Cu – 13, P – 10, Co – 9, Zn, Mn, V – в 4 раза [1].

Для оценки уровня содержания микроэлементов в организме человека, наряду с такими диагностическими биосубстратами, как кровь, моча, ногти, хорошей информативностью обладают волосы (табл. 1). Элементы, которые с кровью попадают в клетки волос, в минеральный обмен организма включаются с существенным затруднением. Таким образом, в волосах происходит концентрирование микроэлементов, в отличие от крови, которая, в основном, выполняет в организме транспортную функцию. Волосы наиболее полно отражают уровень содержания как токсичных (свинец, кадмий, мышьяк и т.д.), так и жизненно необходимых элементов (цинк, селен, железо и др.).

Таблица 1

**Информативность определения химических элементов в биосубстратах [2]**

Элемент	Кровь	Моча	Волосы	Элемент	Кровь	Моча	Волосы
As	+	+	+	Fe	-	-	+
Al	-	-	+	Pb	+	-	+
Ba	-	-	+	Mg	-	-	+
Bi	+	-	-	Hg	+	+	-
B	-	-	+	P	-	-	+
Cd	+	+	+	Se	+	-	-

Окончание табл. 1

Элемент	Кровь	Моча	Волосы	Элемент	Кровь	Моча	Волосы
Ca	+	+	+	Ag	+	-	-
Cr	+	+	-	Sr	-	-	+
Co	+	-	-	Pt	+	-	-
Cu	+	+	+	Zn	+	-	+

Важнейшую роль в методиках определения микроэлементов играет пробоподготовка анализируемого материала. Для обработки волос используются различные способы [7]. Из указанных методик следует, что для подготовки проб биологических образцов чаще применяются методы мокрого озоления с применением различных вариаций растворителей и средств для первоначальной очистки образца.

Для повышения чувствительности определения ТМ нами также рассмотрены некоторые перспективные спектральные добавки (носители).

#### **Экспериментальная часть** **Аппаратура, оборудование,** **реактивы, условия съемки**

##### **1.1. Аппаратура**

1. Спектрограф ДФС-458.
2. Фотоэлектрическая приставка ФЭП-454.
3. Станок для заточки электродов.

##### **1.2. Оборудование**

1. Электроды угольные ос. ч. 7-2.
1. Фарфоровые тигли.
2. Стаканы вместимостью 50 см<sup>3</sup>.
3. Колбы мерные вместимостью 25, 50, 100 см<sup>3</sup>, 1 дм<sup>3</sup>.
4. Колбы конические вместимостью 250 см<sup>3</sup>.
5. Пипетки вместимостью 1, 2, 5, 10 см<sup>3</sup>.

##### **1.3. Реактивы**

1. Карбонат лития, ч.д.а.
2. Нитрат бария, ч.д.а.

3. Нитрат натрия, ч.д.а.
4. Нитрат лития, ч.д.а.
5. 13 солей элементов (нитратов, хлоридов), квалификации не ниже ч.д.а.
6. Азотная кислота концентрированная, ос. ч.
7. Хлороводородная кислота, х.ч.
8. Спирт этиловый.

##### **1.4. Условия съемки**

Спектры регистрировали на спектрографе ДФС-458 с использованием фотоэлектрической приставки ФЭП-454 через трехлинзовую систему освещения при переменном токе 7 А. Время экспозиции – 25 с. Число параллельных измерений: n = 3. Аналитический промежуток – 2 мм. Промежуточная диафрагма – 5 мм. Параметры фотоэлектрического анализатора спектров ФЭП-454 приведены в табл. 2. Электроды угольные ос. ч. 7-2: нижний – с кратером 5×3,5 мм; верхний – заточен на конус с площадкой 2 мм<sup>2</sup>.

##### **Методика проведения эксперимента**

При построении градуировочных графиков заключалась в следующем: различные количества эталонной смеси помещали в тигли, содержащие смоченную спиртом угольную основу, и упаривали на песочной бане. Затем сухой смесью заполняли электроды и производили спектрографирование в указанных условиях.

Параметры ФЭП-454 при регистрации спектров

№ п/п	Параметр	Значения параметров при съемке	
		спектра железа	пробы
	Шторка	Автомат	Автомат
	Суммирование кадров	Нет	Нет
	Автокалибровка	Отключено	Включено
Накопление, мс			
1	Все линейки	0	0
2	Линейка 1	50	0
3	Линейка 2	100	300
4	Линейка 3	70	300
5	Линейка 4	50	400
6	Линейка 5	150	500
7	Линейка 6	250	700
8	Линейка 7	250	700
9	Линейка 8	250	800
10	Линейка 9	250	300

## 2. Приготовление эталонной смеси и построение градуировочных графиков

Эталонная смесь представляет собой водный раствор 13 металлов, приготовленный с добавлением азотной и хлороводородной кислот. Смесь готовили путем растворения соответствующих солей и(или) добавления готовых растворов элементов с известной концентрацией. Поправочные коэффициенты исходных растворов определяли титриметрическим методом. Расчетное количество полученных растворов вносили в мерную колбу емкостью 1000 см<sup>3</sup>, содержащую 400 мл дистиллированной воды, 90 мл концентрированной хлороводородной кислоты и 30 мл концентрированной азотной кислоты. После внесения растворов всех элементов доводили объем до метки дистиллированной водой и перемешивали. Необходимую концентрацию металлов устанавливали предварительным подбором оптималь-

ных условий съемки с использованием времени накопления сигнала при соответствующих длинах волн (табл. 3).

## Результаты и их обсуждение

### 1. Выбор оптимального носителя

Для увеличения интенсивности спектральных линий и снижения интенсивности фонового влияния мы исследовали четыре носителя: нитраты натрия, лития, бария и карбонат лития. Концентрация носителей в экспериментальных образцах из угольного порошка составляли 0, 1, 2, 5, 10 и 20 % от массы пробы. Необходимо было выбрать лучший носитель для одновременного определения исследуемых металлов и определить оптимальную его концентрацию, а также на основании этих данных разработать комплексную добавку состава  $H_1 + H_2 + C$ , где  $H_1$  – носитель, отвечающий за увеличение интенсивности почернения аналитических линий металлов;  $H_2$  –

носитель, отвечающий за снижение фона при регистрации спектров; С – угольный порошок – основа, в которую вносятся исследуемые металлы. Для этого к навеске угольного порошка добавляли навеску носителя соответствующей концентрации, смачивали спиртом и упаривали. Затем после тщательного перемешивания помещали в электроды и спектрографировали в указанных выше условиях. Результаты эксперимента приведены в табл. 4, 5.

Как следует из таблиц 4–5, наибольшую степень почернения спектральных линий у большинства элементов вызывают добавки карбоната лития и нитрата бария при 2 %-ном содержании их в пробе. Интенсивность линий двух исследованных элементов (As и Tl) уменьшается при введении всех носителей. При найденной оптимальной концентрации  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  – практически не изменяется. По степени положительного воздействия на величину аналитического сигнала исследуемые носители можно расположить в ряд:  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 > \text{Li}_2\text{CO}_3 > \text{NaNO}_3 > \text{LiNO}_3$ . Известно, что носители, имеющие в своем составе нитратный анион, в большей степени склонны к снижению интенсивности фонового излучения, чем карбонаты, которые более эффективны для

увеличения степени почернения линий [8]. При этом носитель с большим атомным весом и потенциалом ионизации катиона оказывает более значительное воздействие.

Таким образом, сочетание оказавшихся лучшими в нашем эксперименте соединений различного действия должно привести к улучшению характеристик спектра. В связи с этим проведены исследования по влиянию на интенсивность спектральных линий комбинированной спектральной добавки, состоящей из карбоната лития и нитрата бария. Соотношение  $\text{Li}_2\text{CO}_3:\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  исследовано в интервале от 9:1 до 4:6 при общей концентрации добавки 2 % от массы пробы. Как следует из рис. 1, наибольшее почернение всех спектральных линий наблюдается при соотношении солей  $\text{Li}_2\text{CO}_3:\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = 8:2$ . Следует отметить, что значительного увеличения интенсивности по сравнению с воздействием индивидуальных добавок не произошло. Однако в плане группового спектрального определения применение комплексной добавки (8:2) оправдано, поскольку позволяет проводить анализ с использованием одной добавки вместо двух без потери необходимой интенсивности линий элементов.

## Концентрация металлов в эталонной смеси

№	Me	$\lambda$ , нм	Пределы определения, мкг		Содержание элементов (мкг) в эталонных точках								
			нижний	верхний	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	As	234,984	0,01	500	50	25	13	6,3	3,1	1,6	0,78	0,39	0,20
2	B	249,773	0,0007	20	2,0	1,0	0,50	0,25	0,13	0,063	0,031	0,016	0,0078
3	Cd	228,802	0,001	40	4,0	2,0	1,0	0,50	0,25	0,13	0,063	0,031	0,016
4	Co	242,493	0,003	100	10	5,0	2,5	1,3	0,63	0,31	0,16	0,078	0,039
5	Cr	301,493	0,007	200	20	10	5,0	2,5	1,3	0,63	0,31	0,16	0,078
6	Cu	282,437	0,02	600	60	30	15	7,5	3,8	1,9	0,94	0,47	0,23
7	Mn	257,610	0,003	80	8,0	4,0	2,0	1,0	0,50	0,25	0,13	0,063	0,031
8	Ni	300,249	0,003	100	1,0	5,0	2,5	1,3	0,63	0,31	0,16	0,078	0,039
9	Pb	283,307	0,0003	10	50	25	13	6,3	3,1	1,6	0,78	0,39	0,20
10	Sb	259,806	0,02	500	50	25	13	6,3	3,1	1,6	0,78	0,39	0,20
11	Tl	276,787	0,0007	20	2,0	1,0	0,50	0,25	0,13	0,063	0,031	0,016	0,0078
12	V	318,540	0,002	60	6,0	3,0	1,5	0,75	0,38	0,19	0,094	0,047	0,023
13	Zn	334,502	0,004	120	12	6,0	3,0	1,5	0,75	0,38	0,19	0,094	0,047

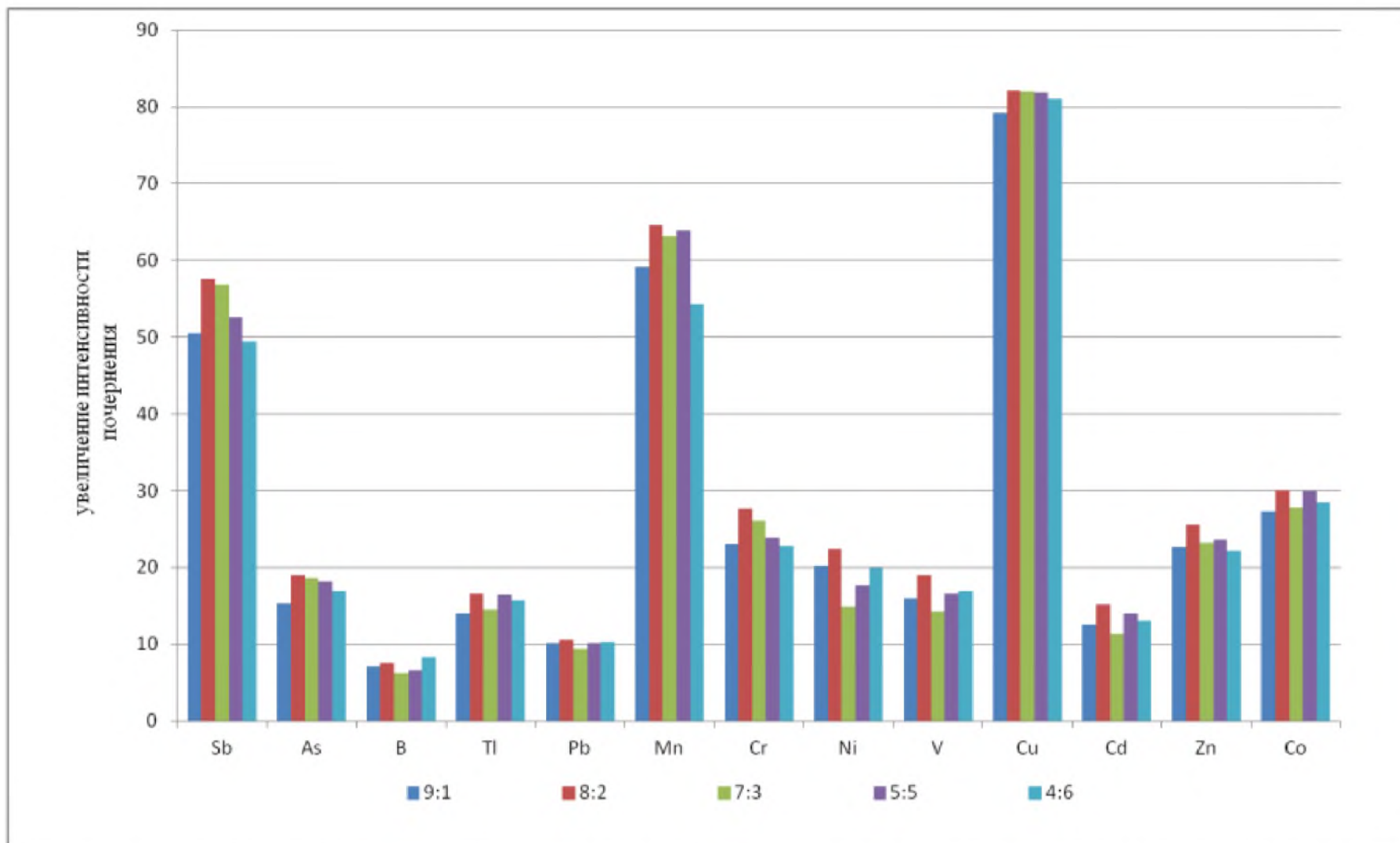
Влияние концентрации носителей ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ) на интенсивность почернения линий элементов

Элемент	Абсолютные значения почернений линий элементов											
	0 %		1 %		2 %		5 %		10 %		20 %	
	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Li}_2\text{CO}_3$
Sb	48	48	42	56	55	62	46	22	34	54	34	46
As	30	30	19	22	23	24	16	6,7	12	18	12	12
B	8,9	8,9	8,0	15	11	6,6	6,1	5,2	3,9	8,0	6,2	8,9
П	16	16	11	10	14	16	14	7,7	10	15	10	13
Pb	3,9	3,9	5,3	9,2	7,2	9,5	7,7	4,1	6,1	8,6	6,0	7,5
Mn	51	51	64	55	64	60	62	18	44	47	46	34
Cr	9,6	9,6	10	21	17	30	14	17	11	27	13	22
Ni	9,0	9,0	10	17	20	9,0	13	50	11	20	12	17
V	7,3	7,3	8,4	18	16	25	13	10	9,0	20	9,3	15
Cu	62	62	60	77	80	51	78	71	67	77	66	78
Cd	11	11	11	15	14	15	14	5,9	11	13	9,7	11
Zn	28	28	26	29	26	30	27	10	19	20	15	15
Co	17	17	17	28	28	39	22	17	14	31	16	23

Влияние концентрации носителей ( $\text{LiNO}_3$  и  $\text{NaNO}_3$ ) на интенсивность почернения линий элементов

Элемент	Абсолютные значения почернений линий элементов											
	0 %		1 %		2 %		5 %		10 %		20 %	
	$\text{NaNO}_3$	$\text{LiNO}_3$	$\text{NaNO}_3$	$\text{LiNO}_3$	$\text{NaNO}_3$	$\text{LiNO}_3$	$\text{NaNO}_3$	$\text{LiNO}_3$	$\text{NaNO}_3$	$\text{LiNO}_3$	$\text{NaNO}_3$	$\text{LiNO}_3$
Sb	48	48	43	38	35	58	32	25	20	6,4	14	4,9
As	30	30	14	16	9,5	23	8,7	9,3	5,8	3,8	4,0	3,0
B	8,9	8,9	7,4	9,3	8,3	11	5,7	12	3,8	6,5	4,0	6,4
TI	16	16	12	12	3,5	7,6	8,3	18	7,4	2,5	6,5	3,0
Pb	3,9	3,9	9,6	5,1	17	10	4,8	4,3	4,6	2,3	4,1	2,5
Mn	51	51	42	41	37	47	20	31	17	14	12	12
Cr	9,6	9,6	18	11	22	18	12	7,8	13	2,1	12	2,3
Ni	9,0	9,0	14	8,9	11	17	8,5	8,6	9,2	2,5	8,2	2,3
V	7,3	7,3	18	6,5	10	13	9,4	7,2	11	1,7	12	1,8
Cu	62	62	74	49	70	76	53	60	58	22	53	30
Cd	11	11	9,3	9,1	8,4	11	3,1	7,4	3,7	3,5	3,0	3,7
Zn	28	28	16	20	16	25	8,5	19	5,7	7,4	4,5	7,3
Co	17	17	21	15	15	27	11	14	11	4,6	9,8	4,3





Изменение интенсивности почернения спектральных линий металлов в зависимости от различного соотношения носителей  $\text{Li}_2\text{CO}_3:\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

## Содержание металлов в волосах жителей Мотовилихинского района г. Перми

Элемент	Содержание металлов по объектам, мкг/г										
	Бульвар Гагарина, 83	Крупской, 87	Юрша, 23а	Уинская, 40	Уинская, 9	Уральская, 93	Лебедева, 13	Уральская, 79	Циолковского, 19	Ким, 49	Референсные значения [10]
Sb	0	0	0,1	0	0,030	0,21	0,060	0,060	0,050	0,080	0,005–1,0
As	0,070	0,016	0,028	0,16	0,029	0,089	0,044	0,53	0,092	0,14	0,005–0,1
B	0,090	0,070	0,080	0,030	0,020	0,040	0,085	0,038	0,065	0,0050	0,1–3,5
Tl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0–0,01 [11]
Pb	1,1	0,12	0,83	0,47	0,33	0,40	0,24	0,50	2,1	4,0	0,2–5
Mn	0,15	0,095	0,30	0,070	0,40	0,14	0,43	0,20	0,44	0,34	0,2–1,3
Cr	0,88	1,2	1,3	0,23	0,18	0,23	0,77	0,64	1,5	0,70	0,5–1,5
Ni	0,57	3,5	1,8	0,26	0,28	1,1	0,10	1,5	0,45	1,3	0,01–2
V	0,14	0,02	0,11	0,012	0,13	0,030	1,2	0,14	0,50	0,040	0,005–0,5 [2]
Cu	25	7,2	19	7,4	22	7,2	26	10	17	9,9	10–30
Cd	0,12	0,030	0,3	0,20	0,070	0,040	0,080	0,11	0,13	0,22	0,005–1,0
Zn	54	73	64	82	77	53	75	61	87	73	120–250
Co	0,44	0,15	0,4	0,15	0,19	0,25	0,29	0,33	0,35	0,30	0,01–1,0

## 2. Методика определения и объекты анализа

На основании литературных данных и проведенных экспериментов разработана методика подготовки и анализа проб биологических образцов атомно-эмиссионным методом.

Измельченную среднюю пробу волос массой 1 г тщательно промывают раствором ПАВ, ополаскивают дистиллированной водой и вымачивают в этиловом спирте в течение нескольких часов для обезжиривания образца. Обезжиренный образец помещают в стакан с царской водкой, нагревают в течение 60 мин. на водяной бане при температуре 75°C, а затем в течение 10–15 мин. при температуре 200°C на песчаной бане, и медленно упаривают раствор до 10–15 мл. Раствор охлаждают до комнатной температуры, количественно переносят в мерную колбу емкостью 25 мл, разбавляют дистиллированной водой до метки, перемешивают. Аликвотную часть 15 мл переносят в тигель со смесью угля и комплексного носителя (2 %) из расчета на 3 электрода и упаривают досуха. Затем тигли помещают в муфельную печь и озоляют пробы при температуре 450–480°C в течение 1,5 ч. Полученную смесь помещают в угольный электрод и регистрируют спектры в указанных выше условиях.

С использованием данной методики анализировались пробы, отобранные в парикмахерских Мотовилихинского района г. Перми по адресам:

1. Бульвар Гагарина 83;
2. Крупской 87;
3. Юрша 23а;
4. Уинская 40;
5. Уинская 9;
6. Уральская 93;
7. Лебедева 13;
8. Уральская 79;
9. Циолковского 19;
10. Ким 49.

Для исключения расхождений в результатах связанных с полом, возрастом и цветом волос, пробы отбирали у мужчин в возрасте 35–45 лет с неокрашенными волосами. Концентрацию металлов в пробе волос определяли, используя метод добавок [9]. Результаты приведены в табл. 6. Для обработки результатов применялось программное обеспечение «Спектр» фотозлектрического анализатора ФЭП-454 (ООО «НПО «Сетал»», г. Казань).

Из табл. 6 следует, что в Мотовилихинском районе г. Перми наблюдается дефицит жизненно необходимых элементов (Zn, Mn, Cu, Co), особенно цинка, недостаток которого отрицательно сказывается на иммунной системе и может повышать предрасположенность к алкоголизму [2]. В то же время зафиксировано превышение референсных значений элемента с высокой степенью опасности — мышьяка (ул. Уральская, 79; Уинская, 40; Ким, 49), канцерогенное действие которого (кожа, печень, легкие) может проявляться через несколько лет. Канцерогенным действием обладает также и никель, превышение концентрации которого в биосубстрате (почти в 2 раза) отмечено на ул. Крупской, 87. Повышенные концентрации этого элемента есть и на ул. Юрша, 23а, Уральской, 79 и Ким, 49. Высокие граничные значения таких элементов как ванадий (Циолковского, 19), хром (Циолковского, 19; Юрша, 23а; Крупской, 87), свинец (Ким, 49; Циолковского, 19) свидетельствуют о загрязнении окружающей среды и, как следствие, повышенном риске развития соответствующих болезней.

### Библиографический список

1. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми как проявления факторов геодинамики и техногенеза // *Фундаментальные исследования*. № 1. Ч. 2. 2013. С. 335–339.
2. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Мир, 2004. 216 с.
3. José Luis Marrugo-Negrete, et al. Atmospheric deposition of heavy metals in the mining area of the San Jorge river basin, Colombia // *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2014. Vol. 7. №. 4. P. 577–588.
4. Abdulrahman F.I. et al. Levels of Heavy Metals in Human Hair and Nail Samples from Maiduguri Metropolis, Borno State, Nigeria // *World Environment*. 2012. Vol. 2. № 4. P. 81–89.
5. Болормаа О. и др. Рентгеноспектральное определение цинка в волосах // *Журнал аналитической химии*. 1998. Т. 53, №7. С. 772–775.
6. Nowak B., Kozłowski H. Heavy Metals in Human Hair and Teeth. The Correlation with Metal Concentration in the Environment // *Biological Trace Element Research*. 1998. Vol. 62. №. 3. P. 213–228.
7. Jiqiang Li et al. Detection and Analysis of 12 Heavy Metals in Blood and Hair Sample from a General Population of Pearl River Delta Area // *Cell Biochemistry and Biophysics*. 2014. Vol. 70. №. 3. P. 1663–1669.
8. Дегтев М.И., Торопов Л.И. Роль носителей в повышении чувствительности атомно-эмиссионного анализа / Сб. «Химия, технология, промышленная экология неорганических соединений». Пермь, 1998. Вып.1. С.72–90.
9. Торопов Л.И., Урявина О. Г. Химико-атомно-эмиссионный анализ порошков / *Журнал аналитической химии*. 1995. Т. 50, № 2. С. 177–180.
10. Комплексный анализ волос на наличие тяжелых металлов и микроэлементов. URL <http://www.smed.ru/guides/66843> (дата обращения: 01.03.2016).
11. Таллий (Тl), волосы / URL <http://www.analizmarket.ru/tests/id/3183/> (дата обращения: 01.03.2016).

### References

1. Kopylov, I.S. (2013), "The anomalies of heavy metals in soils and snow cover the city of Perm as a manifestation of the factors and technogenic geodynamics", *The Fundamental researches*, no.1, part 2, pp. 335–339. (In Russ.).
2. Skalniy, A.V. (2004), *Himicheskie elementy v fiziologii i ekologii cheloveka* [Chemical elements in the human physiology and ecology], Mir, Moscow, RU. (In Russ.).
3. José Luis, Marrugo-Negrete, et al. (2014), "Atmospheric deposition of heavy metals in the mining area of the San Jorge river basin, Colombia", *Air Quality, Atmosphere & Health*, Vol. 7, no. 4, pp. 577–588.
4. Abdulrahman, F.I. et al. (2012), "Levels of Heavy Metals in Human Hair and Nail Samples from Maiduguri Metropolis, Borno State, Nigeria", *World Environment*, Vol. 2, no 4, pp. 81–89.
5. Bolormaa, O. et al. (1998), "X-ray spectral determination of zinc in hair", *Journal of analytical chemistry*, Vol. 5, no. 7, pp. 772–775. (In Russ.).
6. Nowak, B. and Kozłowski, H. (1998), "Heavy Metals in Human Hair and Teeth. The Correlation with Metal Concentration in the Environment", *Biological Trace Element Research*, Vol. 62, no. 3, pp 213–228.

7. Jiqiang, Li et al. (2014), "Detection and Analysis of 12 Heavy Metals in Blood and Hair Sample from a General Population of Pearl River Delta Area", *Cell Biochemistry and Biophysics*, Vol. 70, no. 3, pp. 1663–1669.
8. Degtev, M.I. and Toropov, L.I. (1998), "The role of the media in increasing the sensitivity of atomic-emission analysis", *Chemistry, technology, industrial ecology inorganic compounds*, Vol. 1, Perm, Russia. (In Russ.).
9. Toropov, L.I. and Uriavina, O. G. (1995), "Chemical-atomic emission analysis of powders", *Journal of analytical chemistry*. Vol. 50, no. 2, pp 177–180. (In Russ.).
10. A comprehensive analysis of hair for the presence of heavy metals and trace elements, available at: <http://www.smed.ru/guides/66843> (Accessed 01.03.2016). (in Russ.).
11. Thallium (Tl), hair" available at: <http://www.analizmarket.ru/tests/id/3183/Access> ed: 01.03.2016). (in Russ.).

Поступила в редакцию 03.03.2016

#### Об авторах

Торопов Леонид Иванович,  
кандидат химических наук, доцент кафедры  
аналитической химии  
ФГБОУ ВПО «Пермский государственный  
национальный исследовательский универси-  
тет»  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.  
toropov@psu.ru

Полухина Анастасия Геннадьевна,  
выпускник  
ФГБОУ ВПО «Пермский государственный  
национальный исследовательский универси-  
тет»  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

#### About the authors

Toropov Leonid Ivanovich,  
candidate of chemistry, associate professor of the  
Department of analytical chemistry  
614990, Perm State University, 15, Bukireva st.,  
Perm, Russia.

Polukhina Anastasiya Gennadevna,  
graduate  
614990, Perm State University, 15, Bukireva st.,  
Perm, Russia.

#### Информация для цитирования

Торопов Л.И., Полухина А.Г. Исследование полиметаллического загрязнения территории Мотовилихинского района города Перми // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2016. Вып. 1(21). С. 16–28.

Toropov, L.I. and Polukhina, A.G. (2016), "Investigation of polymetallic contaminated territories Mотовилиkhinsky district city Perm", *Bulletin of Perm University. CHEMISTRY*, no. 1(21), pp. 16–28 (In Russ.).