

ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ

Л.И. Торопов, доцент

**Пермский государственный национальный исследовательский университет
(Россия, г. Пермь)**

DOI:10.24412/2500-1000-2022-3-2-9-12

Аннотация. В статье рассматривается распределение химических элементов в длинных прядях волос. Волосы отражают элементный статус за длительный период времени. В волосах можно проследить изменение содержания того или иного эссенциального или токсического элемента, возникающее при длительном воздействии определенных факторов, специфических для конкретных регионов. Атомно-эмиссионным методом определено наличие и содержание 18 элементов в различных частях волос: прикорневой, средней и концевой. Показано, что большинство исследованных элементов накапливается и распределяется по длине волос неравномерно. Для 11 элементов (Al, As, Cu, Mg, Mo, Ni, Sb, Si, Sn, Ti, V) наибольшая концентрация отмечена в концевой части, для 6 (B, Cd, Fe, Mn, Pb, Zn) – в середине.

Ключевые слова: волосы, элементный статус, распределение, атомно-эмиссионный анализ.

Согласно современным представлениям, волосы отражают элементный статус за длительный период времени. В волосах можно проследить изменение содержания того или иного эссенциального или токсического элемента, возникающее при длительном воздействии определенных факторов, специфических для конкретных регионов, в том числе окружающей среды. Немаловажное значение при этом имеет правильный пробоотбор анализируемого материала. В основном, у доноров-добровольцев отбирают пробы волос с затылочной части головы [1-4]. Однако, есть и другие способы отбора, например, путем остригания с концов волос отрезков ≤ 1 см [5].

Цель настоящей работы состояла в выяснении расположения микроэлементов в женских прядях волос. Для исследования отбирали волосы с затылочной части донора на всю длину от двух симметричных сегментов над поверхностью кожи головы. Средняя длина их составила 40 см. Полученный биосубстрат разделяли на три приблизительно равные части. Если учесть, что волосы вырастают в среднем 0,2-0,5 мм/день [6], то период накопления элементов составлял около 3 лет. Длительность проживания донора в исследуемом районе – 4 года. Не занят производствен-

ной деятельностью (студентка). Возраст 21 год. В качестве референсных, для сравнения полученных результатов с известными данными, использованы значения концентраций элементов, установленные по данным обследования более 7000 человек для Приволжского федерального округа [3, 4].

Для переведения пробы в раствор использовали окислительно-кислотное разложение субстрата. Для снятия поверхностного загрязнения и обезжиривания волос применяли способ подготовки проб волос, приведенный в методических указаниях [7]. Волосы обрабатывали уксусом (ос.ч) в течение ~ 12 мин, затем трижды промывали деионизованной водой и высушивали в термостате при 70°C. Пробы массой 0,1-0,2 г подвергались кислотному разложению с помощью смеси HNO₃ (конц.; ос.ч) и HCl (конц.; х.ч) в отношении 1:3. Обработку проводили на электрической плитке, покрытой асбестовой тканью. Время обработки – 10-15 мин. Растворенный образец количественно переносили в мерную колбу вместимостью 25 мл, троекратно смывая со стенок стакана, и доводили до метки деионизованной водой. Отбирали аликвотную часть объемом 3 мл и упаривали досуха в фарфоровых тиглях с графитовым порошком квалификации «ос.ч-8-4» (ГОСТ 23463–79).

Затем тигли выдерживали по 30 мин в воздушной бане ($T \approx 350^{\circ}\text{C}$) и в муфельной печи при $T = 550^{\circ}\text{C}$. Полученную смесь помещали в фасонные угли для спектрального анализа квалификации «ос.ч-7-4» (ТУ 48-20-108-87). В качестве противозлектрода использовали спектрально чистые угли SU-104 («Electrocarbon, Topol'čanu», Словакия)

Спектры регистрировали на автоматизированном атомно-эмиссионном спектрографе ДФС-458С с фотоэлектрическим анализатором спектров ФЭП-454. В качестве приёмников излучения в нем используются ПЗС-линейки японской фирмы Toshiba. Генератор универсальный – УГЭ-4. Контролировалось наличие и содержание 18 элементов: Al, As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Si, Sn, Ti, V, Zn.

Условия съемки спектров следующие: переменный ток – 7 А; время экспозиции – 30 с; аналитический промежуток – 2,5 мм, промежуточная диафрагма – круглая; щель спектрографа – 0,018 мм. Электроды графитовые: нижний – с кратером $5 \times 3,5$ мм; верхний – заточен на конус с площадкой 2 мм^2 . Для каждого исследуемого фрагмента волос проводилось 3 параллельных определения. Результаты обрабатывались с помощью программного обеспечения «Спектр» анализатора ФЭП-454.

Полученные данные (см. табл.) свидетельствуют о том, что

1) элементы распределяются по длине волос неравномерно, причем для некоторых элементов (Al, Ti) разница между содержанием в разных частях может отличаться на порядок и более;

Таблица. Результаты определения содержания элементов в различных частях женских волос ($n = 3$)

Me	L , нм	Референтные значения, мг/кг (для женщин)	Прикорневая часть, мг/кг	Середина, мг/кг	Концевая часть, мг/кг
Al	265,243	4,73–13,86	119	12	260
As	234,984	0,021–0,046	0,076	0,087	0,15
B	249,678	0,39–1,07	12	20	16
Cd	228,802	0,11–0,43	0,25	0,41	0,31
Cr	283,563	0,23–0,47	31	15	20
Cu	327,396	9,9–15,3	18	15	51
Fe	262,829	11,2–24,4	244	287	211
Mg	277,669	60,3–226,5	125	222	504
Mn	257,61	0,43–1,86	3,5	7,6	5,1
Mo	317,035	0,1–0,49*	4,4	1,8	7,0
Ni	305,082	0,22–0,63	4,3	5,2	5,4
Pb	283,307	0,17–0,62	1,2	2,6	2,5
Sb	287,792	0,0–1,6*	11	11	14
Si	243,515	18,5–55,3	34	27	65
Sn	283,999	0,06–0,37	3,5	3,3	5,4
Ti	337,279	0,048–14*	2,8	32	52
V	318,540	0,005–2,0*	0,48	0,78	1,1
Zn	334,52	157–226	201	217	136

* – по данным [8]

2) наибольшее содержание их наблюдается в концевой (Al, As, Cu, Mg, Mo, Ni, Sb, Si, Sn, Ti, V) и средней (B, Cd, Fe, Mn, Pb, Zn) частях, что возможно связано с постепенным концентрированием в удаленных участках во времени;

3) в прикорневой части сосредоточен только хром; что может быть обусловлено или низкой подвижностью его соединений или повышенным поступлением его за последний год из внешних источников. Последнее маловероятно, поскольку режим

питания донора не менялся, значимых выбросов хромсодержащих соединений в окружающую среду не отмечено [9, 10], место проживания не менялось;

4) выполнение пробоотбора анализируемого материала, в зависимости от поставленной задачи, необходимо проводить с учетом распределения элементов по длине волос и средней скорости их роста;

5) референсные концентрации, выявленные для Приволжского федерального округа [3, 4] не превышаются только для ванадия, кадмия и цинка, что может свидетельствовать о высокой экологической нагрузке в г. Перми, где глобальные исследования в последнее время не проводились.

Библиографический список

1. Исаева А.Г., Землянкина А.С., Захарова А.М., Гринштейн И.Л. Комплексная оценка элементного состава волос и ногтей методами РФА и ИСП-АЭС // Аналитика. – 2015. – №2. – С. 94-98.
2. Матвейко Н.П., Протасов С.К., Садовский В.В. Определение тяжелых металлов в волосах человека // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2013. – Т. 2. – С. 95-98.
3. Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Березкина Е.С. и др. Референтные значения содержания химических элементов в волосах взрослых жителей республики Татарстан // Экология человека. – 2016. – Т. 4. – С. 38-44.
4. Скальный А.В., Березкина Е.С., Демидов В.А. и др. Эколого-физиологическая оценка элементного статуса взрослого населения республики Башкортостан // Гигиена и санитария. – 2016. – №95 (6). – С. 533-538.
5. Дробышев А.И., Рядчикова Н.А., Савинов С.С. Атомно-эмиссионное спектральное определение микроэлементов в волосах человека с использованием МАЭС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83. № 1. Ч. II. С. 63-67.
6. Тацкий Г.Ю. О возможности использования волос в качестве биоиндикатора загрязнения окружающей среды ртутью // Вестник Тюменского государственного университета. – 2013. – № 12. – С. 158-164.
7. МУК 4.1.1482-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой.
8. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Мир, 2004. – 216 с.
9. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2020 году». – Пермь, 2021. – 261 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://59.rospotrebnadzor.ru/319>.
10. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2020 году». Пермь, 2021. – 288 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://priroda.permkrai.ru/>.

FEATURES OF THE LOCATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE HAIR

L.I. Toropov, *Associate Professor*
Perm State National Research University
(Russia, Perm)

Abstract. *The article discusses the distribution of chemical elements in long strands of hair. Hair reflects elemental status over a long period of time. In the hair, one can trace the change in the content of one or another essential or toxic element that occurs during prolonged exposure to certain factors specific to specific regions. The atomic emission method determined the presence and content of 18 elements in various parts of the hair: basal, middle and terminal. It is shown that most of the studied elements are accumulated and distributed unevenly along the length of the hair. For 11 elements (Al, As, Cu, Mg, Mo, Ni, Sb, Si, Sn, Ti, V), the highest concentration was noted in the end part, for 6 (B, Cd, Fe, Mn, Pb, Zn) - in middle.*

Keywords: *hair, elemental status, distribution, atomic emission analysis.*