

УДК 577.1

DOI: 10.17223/24135542/14/1

**В.И. Отмахов¹, Ю.С. Саркисов², А.Н. Павлова², И.С. Кускова¹,
А.В. Обухова¹, Е.В. Петрова¹, М.В. Омельченко¹**

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет
(г. Томск, Россия)*

² *Томский государственный архитектурно-строительный университет
(г. Томск, Россия)*

Периодические зависимости распределения химических элементов в биологических объектах

Использование Периодического закона в различных сферах науки и техники находит все более широкое применение. Особый интерес вызывает построение периодических зависимостей изменения тех или иных параметров исследуемых систем с возрастанием порядкового номера элемента, определяющего их устройство и организацию, а также прогнозирование на этой основе их свойств и поведения при взаимодействии с другими системами. Установление периодических закономерностей распределения химических элементов в живых организмах является актуальной задачей современной биологической науки. Объектами исследования, как правило, являются кровь, моча, слюна, зубной дентин, костная ткань и т.д. В наших работах ранее показано, что наиболее доступным и эффективным объектом анализа могут служить волосы человека, волосяной покров животных и наземная часть растений. Учитывая природу происхождения, специфические условия обитания, разнообразие рациона питания и особенности жизнедеятельности организмов, содержание и распределение химических элементов в них, по-видимому, будут носить строго индивидуальный характер. В этой связи в настоящей работе авторы ограничились изучением представителей фауны и флоры Сибирского региона и прилегающих к нему районов. Исследования проводились в аккредитованной Лаборатории мониторинга окружающей среды, входящей в состав Томского регионального центра коллективного пользования НИИ ТГУ. Для проведения анализов использован спектрометр «Гранд» с многоканальным анализатором эмиссионных спектров (МАЭС). Установлены новые закономерности распределения химических элементов в биологических системах антагонистического типа. На этой основе удалось не только прогнозировать свойства исследуемых биологических систем, но и выдвинуть предложения для оптимизации их функционирования с целью повышения адаптационных характеристик населения к переменным факторам окружающей среды. Показано, что периодические закономерности живого мира Сибири в целом носят однотипный характер, что подчеркивает единую генетическую природу происхождения биологических объектов и особенности среды обитания.

Ключевые слова: *Периодический закон, биогенные элементы, волосы человека, волосяной покров животных, поверхностный слой растений, плазменно-дуговой анализ, зольный остаток, среда обитания.*

Введение

В феврале 2019 г. исполнилось 185 лет со дня рождения великого русского ученого Дмитрия Ивановича Менделеева и 150 лет со дня открытия им Периодического закона. В возрасте 35 лет он предложил систематику химических элементов, которая прославила его имя в веках. Периодический закон не только стал ключом к познанию тайн атома, но и открыл принципиально новые возможности для прогнозирования свойств материалов самого различного функционального назначения. На основе предложенной систематики химических элементов удалось прогнозировать свойства как отдельных атомов, так и более сложных технических и биологических структур, включая живые организмы. Периодические зависимости находят все более широкое применение в самых различных областях фундаментальных и прикладных наук, включая и строительное материаловедение. На их основе удастся предсказывать характер изменения прочности структур твердения многих вяжущих веществ.

Безусловно, установление новых закономерностей распределения химических элементов в живых организмах имеет наивысшую актуальность, так как позволяет расширять представления об их роли в жизнедеятельности как отдельных биологических объектов, так и био- и экосистем местного, регионального и планетарного масштабов.

Цель настоящей работы – установление закономерностей изменения периодических зависимостей распределения химических элементов в живых организмах человека и представителей фауны и флоры Томской области, а также Сибирского и прилегающих к нему регионов.

Материалы и методы исследования

В настоящее время существуют различные способы обнаружения химических элементов и их распределения в живых организмах [1, 2]. В аккредитованной Лаборатории мониторинга окружающей среды (аттестат аккредитации RA.RU.21BO08 от 16.11.2017), входящей в состав Томского регионального центра коллективного пользования НИ ТГУ, разработан способ определения элементного состава биологических объектов методом дуговой атомно-эмиссионной спектроскопии путем исследования их зольных остатков [3]. Для проведения анализов использован спектрометр «Гранд» с многоканальным анализатором эмиссионных спектров (МАЭС) в комплексе с полихроматором «Роуанда» и генератором «Везувий-3» [4–7]. Данный спектральный комплекс зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 33011-06 и проходит ежегодную поверку (свидетельство о поверке № 55586/203 от 07.11.2018 г., действительно до 07.11.2019 г.). Рабочий спектральный диапазон от 160 до 1100 нм, с пределами спектрального разрешения от 0,005 до 0,3 нм, диапазоном определения массовой концентрации элементов состава веществ и материалов от 10^{-7} до 100%, пределом допускаемого значения среднего квадратического

отклонения результатов определения массовой концентрации элементов состава веществ и материалов не более 10% и пределом допускаемого значения систематической погрешности определения массовой концентрации элементов состава веществ и материалов не более 20%.

При выполнении измерений использовали стандартные образцы состава графитового коллектора микропримесей (комплект СОГ-37; ГСО 8487–2003) со сроком действия 60 лет [8]. Для измерений массовой концентрации элементов в золе проб волос человека и шерсти животных методом атомно-эмиссионного анализа с дуговым возбуждением спектра концентрат пробы подготавливали следующим образом: навеску исследуемой пробы волос или шерсти животных массой 1,0000–5,0000 г, взвешенную до четвертого знака, озолляли в муфельной печи при температуре 400–450 °С в течение 2–3 ч, пока остатки проб не приобретали серый либо белый цвет. Чашку с зольным остатком охлаждали до температуры окружающей среды и взвешивали на аналитических весах. Затем полученный анализ тщательно растирали в агатовой ступке в присутствии нескольких капель этилового спирта в течение 20–30 мин агатовым пестиком до однородной порошкообразной смеси и разбавляли графитовым порошком в 10 и 100 раз последовательно. Для анализа основных элементов использовали разбавление 1:100, для анализа примесей – 1:10. В результате проведенных исследований установлено, что полное озоление объектов растительного и животного происхождения достигается при более высокой температуре – 450–500 °С. Разбавление зольного остатка графитовым порошком проводилось аналогично пробоподготовке волосяного покрова человека и животных [9–13].

Для регистрации спектров с помощью МАЭС использовали условия, обеспечивающие наибольшую чувствительность определений: сила тока 13 А; ширина щели 30 мкм; расстояние между электродами 0,003 м; диафрагма 0,005 м; накоплений –160; длительность накоплений –125 мс; полная экспозиция при регистрации спектров анализируемых проб и контрольных образцов 20 с. Для построения калибровочных графиков использовали стандартные образцы состава графитового коллектора микропримесей (комплект СОГ-37; ГСО 8487–2003). По градуировочным графикам, построенным с помощью стандартных образцов в координатах ($\lg I - \lg C$), экспериментально находили массовую концентрацию (мкг/г) определяемых элементов в трех холостых пробах ($C_{\text{хол}}$, мкг/г), а также в трех концентратах проб исследуемых объектов ($C_{\text{изм}}$, мкг/г). Окончательный расчет массовой концентрации в анализируемых пробах проводили по формуле [14]:

$$C = \eta \frac{(C_{\text{изм}} - C_{\text{хол}})q}{Q}, \quad (1)$$

где $C_{\text{изм}}$ – массовая концентрация определяемого элемента в концентрате анализируемой пробы, мкг/г; $C_{\text{хол}}$ – массовая концентрация определяемого элемента в концентрате холостой пробы, мкг/г; q – масса концентрата, г; Q – масса пробы, г; η – коэффициент разбавления концентрата пробы графитом.

Таблица 1

**Диапазоны измерений, относительные значения показателей
воспроизводимости и точности при доверительной вероятности $P = 0,95$**

Элемент	Диапазон измерений волос, мкг/г	Показатель воспроизводимости (относительное средне-квадратическое отклонение воспроизводимости), σ_R , %	Показатель точности (границы относительной погрешности при вероятности $P = 0,95$), $\pm\delta$, %
Ca	200–10 000	6,6	13
Mg	10–1 000	8	16
P	10–1 000	12	24
Fe	0,1– 100	12	24
Zn	10–1 000	4,5	9
Cu	1–100	6,4	13
Mn	0,1–10	2,6	6
Co	0,01–1	9	18
Cr	0,01–1	15	30
Mo	0,01–1	15	30
As	0,01–1	8	16
Sn	0,01–10	7	14
B	0,01–0,1	6,7	13
Li	0,01–1	13	26
Ni	0,01–10	7	14
V	0,01–1	5	10
Si	0,1–1 000	15	30
Sr	0,01–10	12	24
Pb	0,01–10	10	20
Cd	0,01–1	2	4
Al	0,1–100	3,6	7
Sb	0,01–1	16	32
Ba	0,1–10	7	14
Bi	0,01–1	14	28
W	0,01–1	15	30
Zr	0,01–1	15	30
Ag	0,01–10	15	30
Be	0,01–1	10	20

Приписные характеристики показателей качества измерений массовой концентрации элементов в пробах волос, шерсти животных и объектах растительного и животного происхождения оценивали согласно РМГ 61–2010 [15]. В табл. 1 представлены усредненные и обобщенные показатели качества измерений для встречающихся диапазонов широкого класса исследуемых объектов.

Результаты исследования и обсуждение

Население Сибири в целом и Томской области в частности очень разнообразно по этническим, социальным и культурным признакам. При этом имеют место не только генетические, но и климатические, экологические и

другие природные факторы среды обитания. Безусловно, нельзя не учитывать фактор трудовой и профессиональной деятельности. В этой связи выбор предмета исследования является определяющим.

В настоящей работе наиболее доступной и информативной субстанцией принято считать волосы человека и волосной покров животных, а также наземную часть растений.

Действительно, волосы – наиболее доступный материал для изучения и определения биогенных элементов, который имеет ряд преимуществ перед обычно используемыми для этой цели объектами анализа, такими как кровь, моча, слюна, зубной дентин и костная ткань. Оказалось, что состав и распределение химических элементов в волосах неодинаковы для женщин и мужчин, людей одного пола, но разного возраста и с различным уровнем сопротивляемости организма к отрицательным воздействиям переменных факторов окружающей среды (табл. 2).

Таблица 2

**Распределение химических элементов в волосах
женщин и мужчин разного возраста, мкг/г**

Элемент	Мужчины			Женщины		
	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет
Ca	663 (289–1 474)	393 (312–3 081)	300 (249–306)	4 468 (3 093–5 251)	3 110 (572–4 747)	996 (694–1 606)
Mg	54 (32–76)	50 (30–337)	36 (33–38)	252 (131–326)	302 (153–639)	61 (59–252)
P	128 (89–311)	100 (84–221)	182 (117–248)	122 (100–176)	123 (118–125)	81 (39–97)
Si	44 (33–324)	167 (52–393)	185 (72–297)	240 (122–397)	123 (10–187)	459 (43–465)
Zn	173 (97–336)	129 (109–214)	172 (118–225)	268 (156–476)	767 (130–1 337)	80 (43–141)
Al	8 (5–12)	4,5 (4,1–2,1)	3,1 (4,6–12)	15 (4,3–21)	6 (4,6–12)	6,2 (6–7,1)
Fe	13,4 (10–19)	11 (6,1–20)	7,3 (4,9–9,7)	10,6 (5,3–24)	17,7 (11–156)	14 (4,2–28)
Cu	6,2 (2,8–12)	4,7 (3,9–7,8)	4,3 (2,4–6,2)	7,7 (5,9–17)	7,7 (5,1–14)	3 (2,6–3,2)
Mn	1,03 (0,6–1,5)	0,64 (0,47–3)	0,45 (0,39–0,50)	4,6 (2,5–7,7)	4,3 (0,9–24)	3,3 (1,4–5)
As	0,21 (0,17–0,44)	0,6 (0,01–1,8)	0,11 (0,05–0,17)	0,1 (0,04–0,67)	Не обнар.	Не обнар.
Pb	0,52 (0,3–1,1)	0,37 (0,22–0,96)	0,68 (0,05–1,3)	0,5 (0,30–0,72)	0,12 (0,05–0,16)	0,19 (0,05–0,86)
Ti	2,24 (1,5–5,2)	2,3 (1,5–3,2)	1,4 (0,9–1,9)	1,9 (1–6,1)	2,8 (0,14–3)	0,58 (0,43–3,5)
B	0,06 (0,025–0,1)	0,14 (0,02–0,26)	0,006 (0,002–0,01)	0,03 (0,004–0,01)	0,06 (0,01–0,29)	0,01 (0,008–0,02)
Bi	0,05 (0,002–0,09)	0,1 (0,03–0,86)	0,019 (0,01–0,027)	0,1 (0,01–0,2)	Не обнар.	0,15 (0,05–0,58)

Окончание табл. 2

Элемент	Мужчины			Женщины		
	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет	20–30 лет	50–60 лет	80–90 лет
Cd	0,05 (0,01–0,1)	Не обнар.	0,006 (0,002–0,009)	0,5 (0,1–1)	Не обнар.	Не обнар.
Co	0,05 (0,01–0,1)	0,01 (0,006–0,08)	0,013 (0,008–0,017)	0,05 (0,01–0,1)	Не обнар.	Не обнар.
Cr	0,17 (0,1–0,6)	0,11 (0,08–0,35)	0,085 (0,04–0,13)	0,19 (0,1–0,32)	0,059 (0,029–0,21)	0,01 (0,09–0,2)
Sn	0,19 (0,1–0,4)	0,11 (0,07–0,13)	0,031 (0,018–0,044)	0,77 (0,5–12)	0,46 (0,14–2,2)	0,12 (0,04–0,26)
Mo	0,01 (0,003–0,035)	0,05 (0,01–0,20)	0,82 (0,07–1,8)	0,3 (0,12–0,49)	0,14 (0,12–0,17)	Не обнар.
Ni	0,11 (0,05–0,13)	0,05 (0,01–0,18)	0,067 (0,034–0,1)	0,19 (0,12–0,31)	0,56 (0,28–0,76)	0,32 (0,02–3,2)
Zr	0,08 (0,015–0,2)	0,05 (0,02–0,18)	0,015 (0,0004–0,03)	0,61 (0,1–9,4)	0,32 (0,13–1)	0,06 (0,02–0,08)
Ag	0,25 (0,1–0,7)	0,1 (0,08–0,22)	0,03 (0,01–0,05)	0,13 (0,06–20)	0,23 (0,02–0,73)	0,05 (0,02–0,11)

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что в целом концентрация химических элементов как у мужчин, так и у женщин с возрастом снижается. Однако для ряда элементов характерны исключения, которые связаны, по-видимому, с индивидуальными особенностями организма.

Обращает на себя внимание, что содержание жизненно важных биологических элементов у женщин и мужчин разного возраста изменяется неодинаково. Так, содержание кальция у женщин в возрасте 20–30 лет в 6,7 раза выше, чем у мужчин, в возрасте 50–60 лет – в 7,9 раза, а в возрасте 80–90 лет разница составляет 3,3 раза. Быть может, это отчасти объясняет тот факт, что женщины в среднем живут дольше мужчин?

Влияние условий среды обитания и экологических особенностей местности на содержание макро- и микроэлементов в волосах жителей Томска, Усть-Каменогорска, Кызыла и с. Парабель Томской области показано в табл. 3.

В исследовании добровольно приняли участие 20 жителей из каждого населенного пункта. Все лица, участвовавшие в испытаниях, проживают в данных регионах более 5 лет. Среди волонтеров преобладали лица в возрасте 18–55 лет. На основании значений медианы у населения, проживающего в Усть-Каменогорске, обнаружен дисбаланс по 7 элементам: Ba, Ca, Al, Cu, Mn, Li, Mg, в Томске по 6 элементам: повышенное содержание в волосах имеют Al, Ba, P, W, пониженное содержание – Ni, Cu. В Кызыле наблюдается большое превышение Ag, Al, Ba, Ca, P, Mg, Mn, Zn, а также недостаток Cu, W. У жителей с. Парабель выявлено избыточное содержание Ag, Al, Ba, Mn, P, Zn. Повышенное содержание W обнаружено только в Томске.

Таблица 3

**Влияние экологических особенностей и условий среды обитания
на содержание химических элементов в волосах жителей Томска, Усть-
Каменогорска, Кызыла и с. Парабель ($P = 0,95$, $n = 20$), мкг/г**

Элемент	Референтные значения	Усть-Каменогорск		Томск		Кызыл		Парабель	
		Интерквартильный размах	Медиана	Интерквартильный размах	Медиана	Интерквартильный размах	Медиана	Интерквартильный размах	Медиана
Ag	0,005–0,2	0,05–0,25	0,14	0,06–0,44	0,17	0,11–0,52	0,25	0,125–1,1	0,3
Al	1–40	82–459	249	17,5–64,7	41,95	77–364	158	30,3–102,6	55,9
As	0,005–1	0,06–0,25	0,1	0,0006–0,16	0,04	0–0,14	0	0,03–0,23	0,14
Ba	0,2–1,0	0,55–1,87	1,1	0,75–3,6	1,4	2,3–7,1	4,0	0,73–1,725	1,24
Ca	200–3 000	1 990–7 940	3 400	744–5 420	2 128	1 788–8 958	5 095	739–1 865	1 047
Cd	0,05–0,25	0,06–0,14	0,1	0,03–0,1	0,07	< 0,01	< 0,01	0,09–0,15	0,12
Co	0,01–0,5	0,02–0,08	0,04	0–0,04	0,01	0–0,15	0,02	0,03–0,12	0,07
Cr	0,1–4	0,10–0,50	0,23	0,09–0,25	0,15	0,11–0,47	0,25	0,1–0,58	0,3
Cu	7,5–20	3,3–4,7	3,8	2,7–9	4,3	2,9–7,7	4,0	5,1–8,8	6,8
Li	0,01–0,25	0,20–0,90	0,4	0,1–0,3	0,18	0–0,14	0,01	0,1–0,16	0,08
Mg	20–200	109–282	207	47–245,5	123	271–660	463	68–175	91
Mn	0,1–2	2,3–9,1	5,8	0,58–3,23	1,6	0,99–3,63	2,1	2,0–4,5	3,3
Ni	0,1–2	0,05–0,20	0,1	0,002–0,16	0,06	0,37–1,4	0,52	0,15–0,60	0,24
P	75–200	81–109	88,9	108–759,5	443	228–339	276	252–420	346
Pb	0,1–5	1,6–4,3	2,9	0,2–0,9	0,55	1,83–8,32	3,6	1,16–3,48	2,4
Si	10–2 000	47–577	178	28–118	64	80–267	123	187–550	210
Sn	0,05–2,5	0,1–1,1	0,45	0,07–0,45	0,2	0,17–0,95	0,26	0,1–0,47	0,27
Ti	0,5–8	2,2–13	6,1	1,2–7,8	3	3,78–14,7	6,64	8,0	1,7
V	0,005–0,5	0,006–0,06	0,02	0–0,015	0,002	0–0,035	0,01	< 0,1	0,145
W	0,01–0,1	0,027–0,1	0,057	0,015–0,8	0,19	< 0,01	< 0,01	< 0,1	0,07
Zn	100–250	110–250	146	90–263	115	375–721	572	308–452	373

Нами были построены зависимости концентрации содержания химических элементов в анализируемых пробах волос жителей Томска, Усть-Каменогорска, Кызыла и с. Парабель. Эти данные представлены на рис. 1–4.

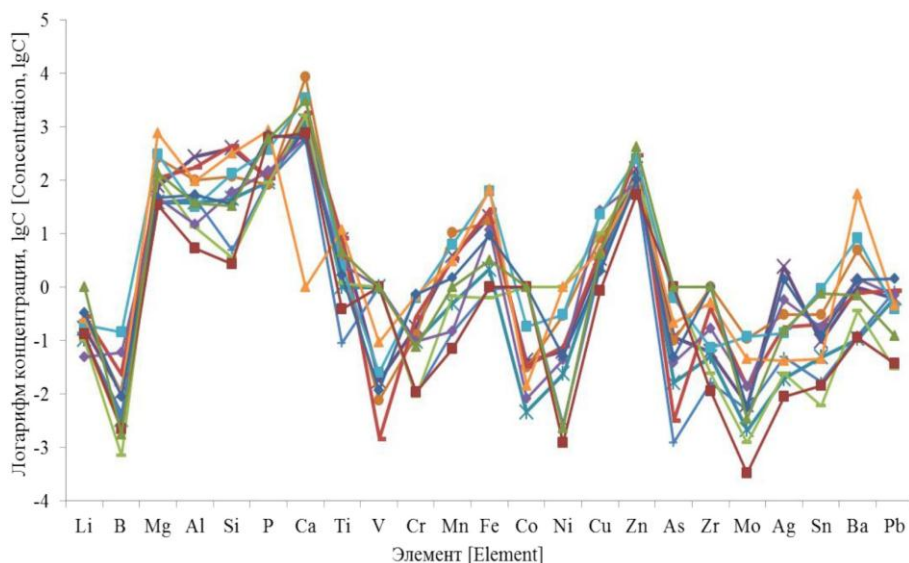


Рис. 1. Периодическая зависимость логарифма концентрации содержания химических элементов в анализируемых пробах волос жителей г. Томска (в эксперименте участвовали 9 человек)

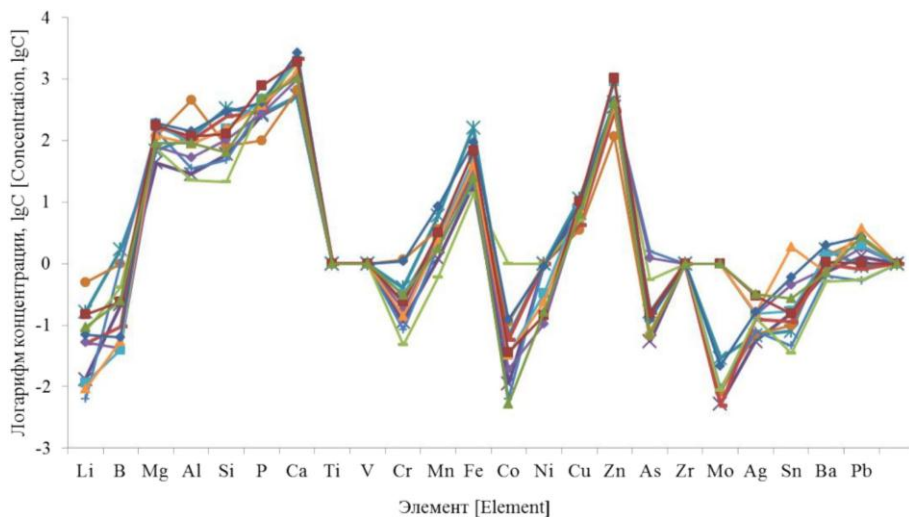


Рис. 2. Периодическая зависимость логарифма концентрации содержания химических элементов в анализируемых пробах волос жителей с. Парабель Томской области: (в эксперименте участвовали 9 человек)

Как видно из рис. 1–4, во всех случаях периодические зависимости носят в целом однотипный характер. Однако для каждого региона они имеют свои особенности. Например, для жителей Томска экстремумы логарифма концентрации приходятся на такие элементы, как магний, кальций, железо, цинк, серебро, барий, бор, алюминий, ванадий, хром, кадмий, мышьяк, мо-

либден и др. Для жителей Парабели отличительной особенностью являются экстремумы, соответствующие молибдену, олову и свинцу, тогда как концентрации бария и серебра составляют незначительную величину. Для жителей Кызыла отличительной особенностью является наличие лития, циркония и олова, а для жителей Усть-Каменогорска характерно относительно высокое содержание переходных элементов.

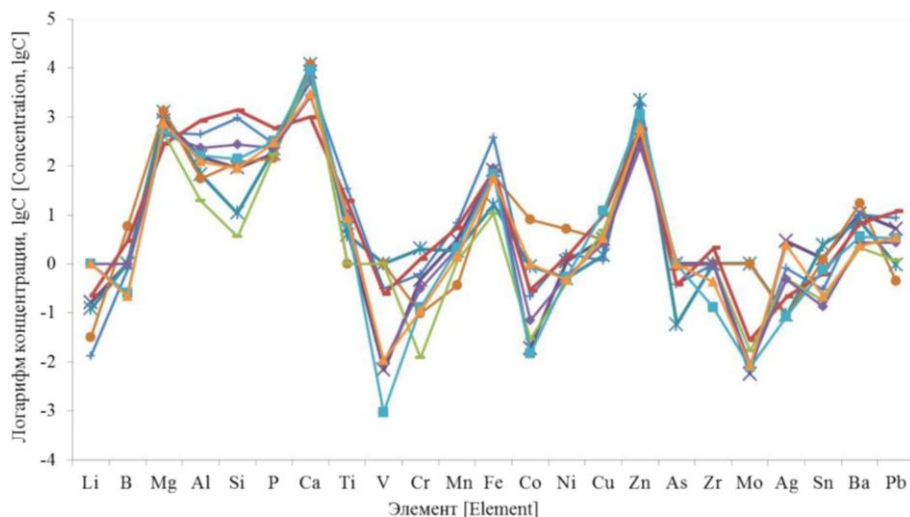


Рис. 3. Периодическая зависимость логарифма концентрации содержания химических элементов в анализируемых пробах волос жителей г. Кызыла: (в эксперименте участвовали 9 человек)

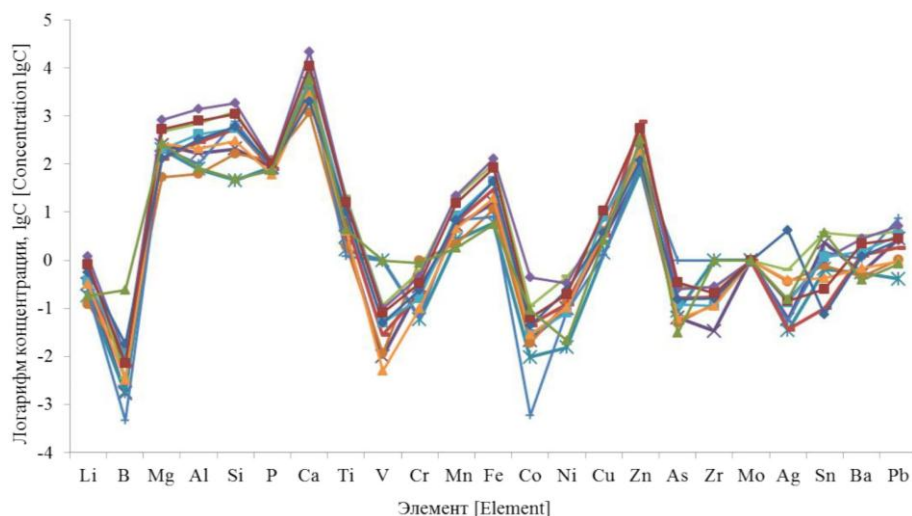


Рис. 4. Периодическая зависимость логарифма концентрации содержания химических элементов в анализируемых пробах жителей г. Усть-Каменогорска: (в эксперименте участвовали 9 человек)

Такое распределение, скорее всего, можно объяснить экологическими особенностями среды обитания, типом и качеством питания, качеством воды и воздуха и различной степенью приспособленности организма к данным условиям проживания.

Хорошо известно [16–17], что дефицит или, напротив, избыток того или иного химического элемента существенно сказывается на здоровье человека. Например, дефицит цинка, железа и йода в Томской области приводит к различным видам заболеваний [18]. Содержание таких токсичных элементов, как бериллий и ртуть, может вообще привести к летальному исходу.

Не вдаваясь глубоко в проблему влияния химических элементов на здоровье человека (достаточно указать на ряд монографий, посвященных этому вопросу: [19–21]), можно сделать вывод, что периодические зависимости позволяют обнаружить общие тенденции распределения химических элементов и наметить оптимальные пути улучшения качества жизни людей. Животный мир Сибирского региона отличается большим многообразием. Это касается как сухопутных животных, так и птиц, а также разнообразных обитателей рек, морей и океанов.

Очевидно, что образ жизни и условия обитания диких зверей существенно отличаются от таковых для домашних животных. По-видимому, это должно отражаться и на периодических зависимостях волосяного покрова животных. В то же время животный мир одного региона должен характеризоваться целым рядом общих признаков, и, как видно из рис. 5, это полностью подтверждается периодическими зависимостями логарифма концентрации содержания химических элементов с возрастанием порядкового номера элемента.

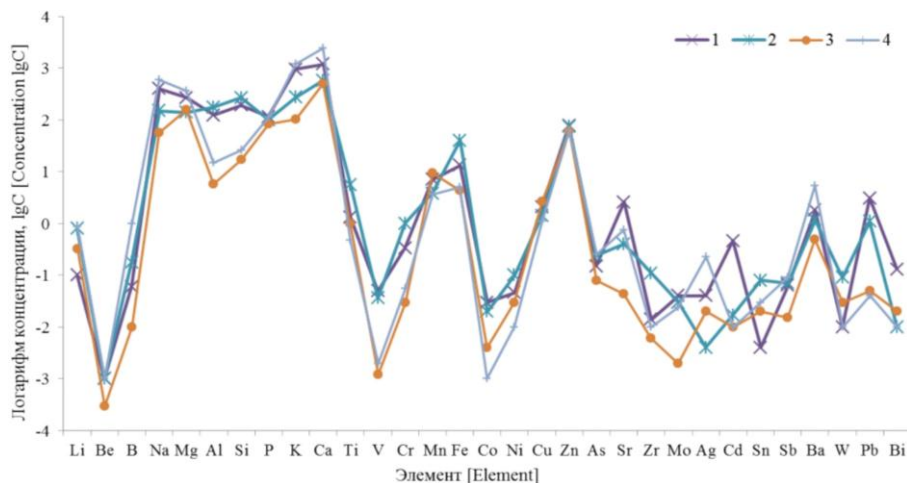


Рис. 5. Распределение логарифма концентрации химических элементов в анализируемых пробах волосяного покрова животных: 1 — лошадь; 2 — бык; 3 — лось; 4 — телка

Особый интерес представляет соотношение этих показателей для пары животных в системе «жертва–хищник». Известно, что в рационе питания

баклана более 90% пищи приходится на треску. Поэтому следует ожидать, что периодические зависимости распределения химических элементов в организмах данных особей будут носить во многом схожий характер. Эта гипотеза подтверждается данными, представленными на рис. 6.

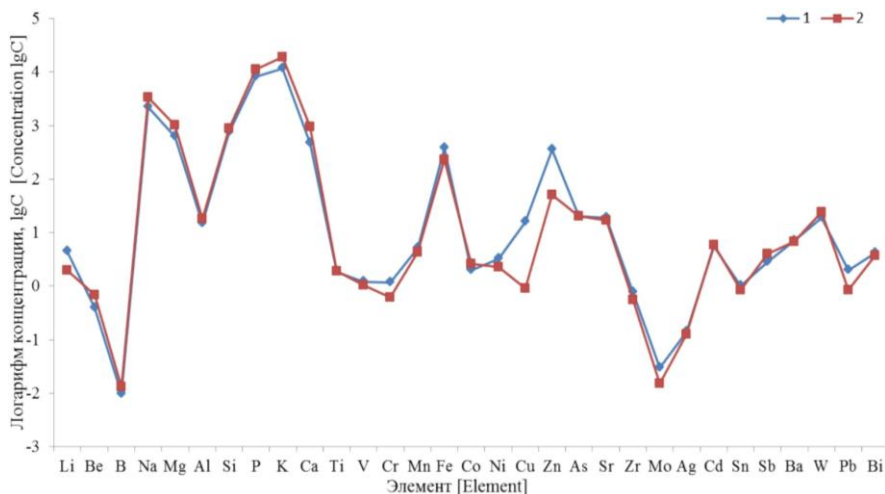


Рис. 6. Распределение логарифма концентрации химических элементов в анализируемых пробах: 1 – баклан; 2 – треска

Чем больше разница в природе и происхождении животных, условиях среды обитания, продуктах питания, конкурентных условиях существования и т.д., тем в большей степени различаются периодические зависимости распределения химических элементов в их волосяном покрове.

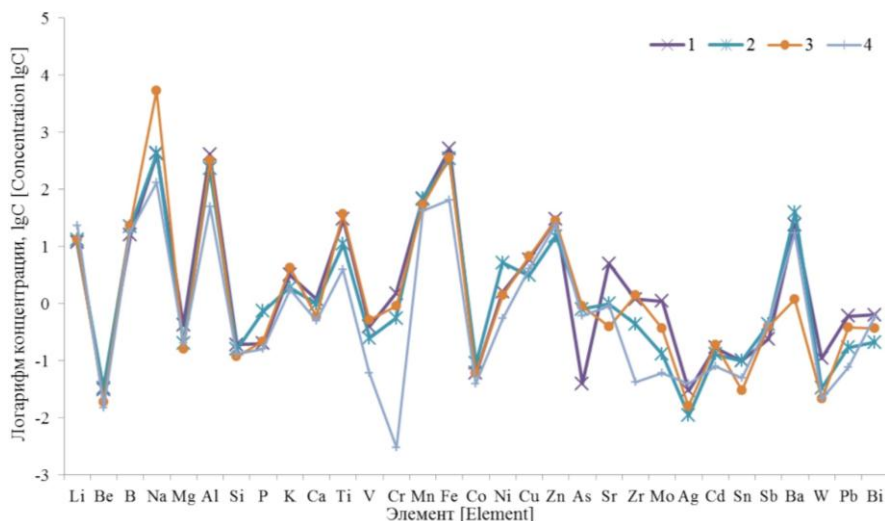


Рис. 7. Распределение логарифма концентрации химических элементов в анализируемых пробах трав: 1 – мелисса; 2 – эвкалипт; 3 – ромашка; 4 – лабазник

В качестве объектов исследования представителей растительного происхождения в работе были изучены лекарственные травы и некоторые сельскохозяйственные культуры. Общий вид периодических зависимостей трав представлен на рис. 7.

Макро- и микроэлементы играют важную роль в биогенезе биологически активных веществ. Элементный состав следует рассматривать как важную составляющую часть лекарственных средств, полученных из растительного сырья [22–26]. Кроме того, растения являются индикаторами экологического состояния района их произрастания. Поэтому задача определения микроэлементов, тяжелых и токсичных элементов в растительных образцах является актуальной.

Построение периодических зависимостей распределения химических элементов в лекарственных растениях позволило обнаружить некоторые особенности усвоения ими целого ряда опасных для здоровья людей элементов, таких как, мышьяк, вольфрам, ванадий, кобальт и другие (см. рис. 7). В биологии хорошо известно [27–30], что все химические элементы необходимы для нормального функционирования живых организмов. Определяющим фактором являются их концентрация и гармония взаимодействия с основными биогенными элементами. Установленные закономерности позволили выдвинуть предложение для работников сельского хозяйства о целесообразности посева пищевых культур, необходимых человеку, совместно с лекарственными травами, такими как лабазник, ромашка и др. В табл. 4 представлены результаты анализа элементного состава почв некоторых районов Томской и Новосибирской областей.

Таблица 4

**Элементный состав почв некоторых районов
Томской и Новосибирской областей**

Элементы	пос. Краснообск, Новосибирская обл.			с. Просекино, Томская обл.
	Глубина отбора проб			
	0–5 см	5–25 см	25–45 см	0–45 см
Ag	2,5	0,3	0,2	9,3
Al	7 084	6 884	7 284	8 584
As	27	16	26	29
B	1,9	1,3	1,3	2,3
Ba	69	71	66	99
Be	0,02	0,02	0,02	0,03
Bi	0,01	0,01	0,01	0,54
Ca	1978	2458	2418	1866
Cd	0,80	0,80	0,80	1,12
Co	9,5	6,6	10	15
Cr	14	7,3	14	22
Cu	0,30	10,82	0,75	0,43
Fe	2 845	2 245	3 445	3 345
Li	28	31	26	27
Mg	2 293	2 293	2 493	2 213
Mn	91	90	85	102
Ni	0,01	0,01	2,44	4,24

Окончание табл. 4

Элементы	пос. Краснообск, Новосибирская обл.			с. Просекино, Томская обл.
	Глубина отбора проб			
	0–5 см	5–25 см	25–45 см	0–45 см
P	1 238	1 040	1 618	1 512
Pb	29	31	27	27
Sb	11	3,8	10	6,2
Si	38 146	24 346	43 146	50 946
Sn	6,9	7,7	1,5	1,0
Sr	12	11	15	5,6
Ti	488	159	618	1168
V	4,3	1,0	4,8	7,1
W	3,4	0,5	0,5	0,5
Zn	417	235	467	789
Zr	0,5	1,2	2,7	4,0

Как видно из табл. 4, содержание элементов, включая тяжелые и токсичные, в почвах с. Просекино повышенное по сравнению с таковым для почв Новосибирской области.

Сопоставление этих данных со способностью лекарственных растений поглощать и усваивать «опасные» элементы подтверждает выдвинутую нами гипотезу.

Известно, что бобовые, в частности горох, насыщают почву азотом и в то же время снижают концентрацию тяжелых металлов в корнеплодах (рис. 8).

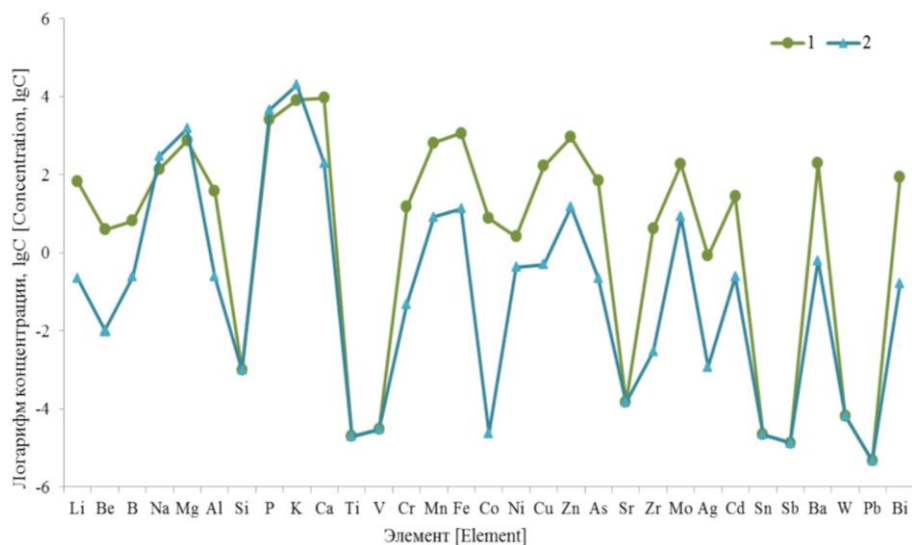


Рис. 8. Распределение логарифма концентрации химических элементов в анализируемых пробах: 1 – картофель; 2 – горох

Наконец, на рис. 9 представлены периодические зависимости всех исследованных представителей живого мира Сибири.

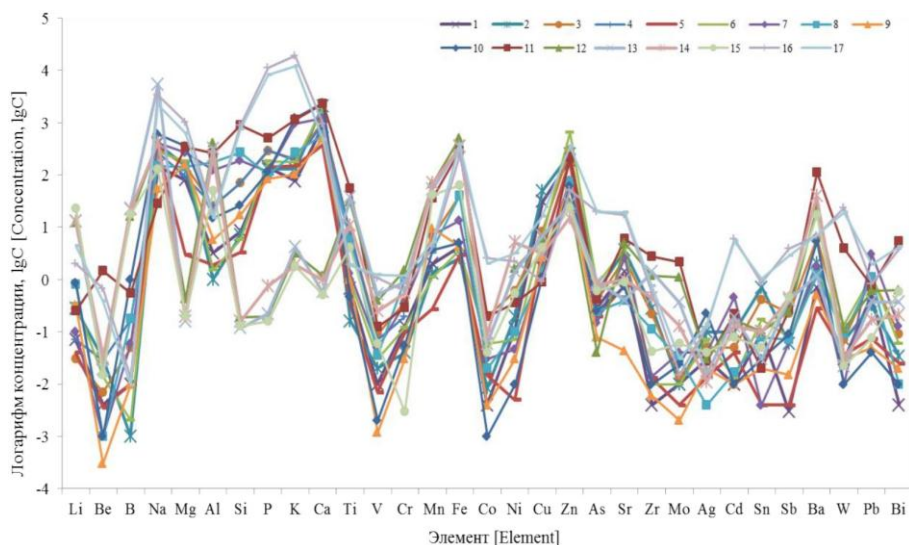


Рис. 9. Распределение логарифма концентрации химических элементов в анализируемых пробах: волос людей (1–6); волосного покрова животных (7 – лошадь, 8 – бык, 9 – лось, 10 – телка); деревьев (11 – береза); трав (12 – мелиса, 13 – ромашка, 14 – эвкалипт, 15 – лабазник); рыб (16 – треска); птиц (17 – баклан)

Очевидно, что, несмотря на различия, эти зависимости в целом имеют однотипный характер. Это хорошо согласуется, на наш взгляд, с известным в биологии законом, что геном всего живого на Земле, в принципе, имеет общую природу.

Заключение

Таким образом, периодические зависимости распространения химических элементов в живых организмах позволяют не только установить новые закономерности, но и прогнозировать возможные пути управления их содержанием в объектах биологической природы.

Литература

1. Пупышев А.А., Суриков В.Т. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Образование ионов. Екатеринбург : УрО РАН, 2006. 114 с.
2. 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. указания. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 56 с.
3. 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.
4. Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Зарубин И.А. Новые спектральные комплексы на основе аналитических анализаторов МАЭС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 15–20.

5. Отмахов В.И., Петрова Е.В. Оптимизация условий проведения атомно-эмиссионного спектрального анализа порошковых проб сложного состава на графитовой основе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2012. Т. 78, № 1-2. С. 82–85.
6. Отмахов В.И. Методологические особенности создания методик атомно-эмиссионного анализа различных объектов // Аналитика и контроль. 2005. Т. 9, № 3. С. 245–249.
7. Отмахов В.И., Петрова Е.В., Варламова Н.В. 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.
8. ГСО 8487–2003. Стандартные образцы состава графитового коллектора микропримесей. Комплект СОГ-37, УГТУ–УПИ. Екатеринбург, 2003. 12 с.
9. Отмахов В.И., Катаева Н.Г., Кускова И.С., Петрова Е.В. Элементный анализ волос методом дуговой атомно-эмиссионной спектроскопии с целью диагностики заболеваний // Химический анализ и медицина : сб. тезисов I Всерос. конф. с междунар. участием. М., 2015. С. 134.
10. Отмахов В.И., Петрова Е.В., Шилова И.В. Дуговой атомно-эмиссионный спектральный анализ лекарственных растений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81, № 1-П. С. 145–148.
11. Отмахов В.И., Кускова И.С., Петрова Е.В., Краснов Е.А., Замощина Т.А., Решетов Я.Е., Рабцевич Е.С., Бабенков Д.Е. Аналитическое сопровождение получения литийсодержащих растительных экстрактов ритмомоделирующего действия // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2016. № 2. С. 35–44.
12. Отмахов В.И., Обухова А.В., Ондар С.А., Петрова Е.В. Определение элементного статуса человека с целью оценки экологической безопасности регионов // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2017. № 9. С. 50–59.
13. Кускова И.С. Оптимизация условий проведения элементного анализа биологических объектов методами дуговой и пламенной атомно-эмиссионной спектрометрии : автореф. дис. ... канд. хим. наук. Томск, 2017. 24 с.
14. РМГ 61–2010. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. Государственная система обеспечения единства измерений. М. : Стандаринформ, 2013. 58 с.
15. Скальная М.Г., Скальный А.В., Демидов В.А. Зависимость элементного состава волос от пола и возраста // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова. 2001. № 4 (2). С. 72–77.
16. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементология: основные понятия и термины. Оренбург : Оренбург. гос. ун-т, 2005. 50 с.
17. Жорняк Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2009. 205 с.
18. Ноздрюхина Л.Р., Гринкевич Н.И. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции. М. : Наука, 1980. 168 с.
19. Барановская Н.В., Рихванов Л.П., Игнатова Т.Н. и др. Очерки геохимии человека / Том. политехн. ун-т. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2015. 378 с.
20. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М. : Оникс 21 век : Мир, 2004. 272 с.
21. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М. : Оникс 21 век : Мир, 2004. 216 с.
22. Шилова И.В. Фармакологические аспекты изучения химических элементов в растениях / Матер. междунар. молодежной школы-семинара, посвящ. 150-летию со дня рожд. В.И. Вернадского «Геохимия живого вещества». Томск, 2013. С. 111–115.
23. Самойлов Н.Н. Содержание лития в тканях лабораторных животных // Известия Сибирского отделения АН СССР. Сер. биологических наук. 1973. Т. 10, № 2. С. 179–183.
24. Замощина Т.А., Краснов Е.А., Отмахов В.И., Петрова Е.В., Решетов Я.Е., Просекина Е.Ю., Томова Т.А., Кускова И.С. Оценка хронобиологической активности водно-

- го экстракта надземной части репейника волосистого // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2016. Т. 79, № 5. С. 3–6.
25. Краснов Е.А., Авдеева Е.Ю. Химический состав растений рода *Filipendula* (обзор) // Химия растительного сырья. 2012. № 4. С. 5–12.
26. Краснов Е.А., Савельева Е.Е., Рыжакова Н.К., Решетов Я.Е., Гатауллина А.Р. Исследование содержания доминирующих групп БАВ и биоэлементов в некоторых растениях семейства Rosaceae // Химия растительного сырья. 2017. № 4. С. 145–151.
27. Ашофф Ю. Биологические ритмы / под ред. Ю. Ашоффа. М.: Мир, 1984. Т. 1. 262 с.
28. Рапопорт С.И. Хрономедицина, циркадианные ритмы. Кому это нужно? // Клиническая медицина. 2012. № 8. С. 73–75.
29. Комаров Ф.И., Рапопорт С.И., Бреус Т.К., Чибисов С.М. Десинхронизация биологических ритмов как ответ на воздействие факторов внешней среды // Клиническая медицина. 2017. Т. 95, № 6. С. 502–512.
30. Отмахов В.И., Саркисов Ю.С., Павлова А.Н., Обухова А.В. Периодические зависимости распределения химических элементов в зольном остатке волос человека // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85, № 1-2. С. 73–76.
31. Ивлева А.В., Обухова А.В., Павлова А.Н. Распределение химических элементов в зольном остатке волос человека и волосяного покрова животных Томской области // Избранные доклады 64-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2018. С. 671–676.

Информация об авторах:

Владимир Ильич Отмахов, доктор технических наук, профессор кафедры аналитической химии химического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: otmahov2004@mail.ru

Саркисов Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры физики, химии и теоретической механики Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: sarkisov@tsuab.ru

Павлова Алла Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры химии общеобразовательного факультета Томского государственного архитектурно-строительного университета (г. Томск, Россия). E-mail: ean73@rambler.ru

Кускова Ирина Сергеевна, кандидат химических наук, инженер-исследователь Лаборатории мониторинга окружающей среды Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: kuskova.i@mail.ru

Обухова Анастасия Валерьевна, магистрант кафедры аналитической химии химического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: nastyuffka201095@gmail.com

Петрова Елена Васильевна, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии химического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: elena1207@sibmail.com

Омельченко Мария Васильевна, студент кафедры аналитической химии химического факультета Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: masha.omko@gmail.com

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2019, 14, 6–25. DOI: 10.17223/24135542/14/1

**V.I. Otmakhov¹, Yu.S. Sarkisov², A.N. Pavlova², I.S. Kuskova¹,
A.V. Obukhova¹, E.V. Petrova¹, M.V. Omelchenko¹**

¹ National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia)

² Tomsk State University of Architecture and Building (Tomsk, Russia)

Periodic dependencies of distribution of chemical elements in biological objects

The use of the Periodic Law in various fields of science and technology is finding wider application. Of particular interest is the construction of periodic dependencies

of changes in various parameters of the systems under study with an increase in the serial number of the element that determines their structure and organization, as well as the prediction on this basis of properties and their behavior in interaction with other systems. The establishment of periodic patterns of the distribution of chemical elements in living organisms is the urgent task of modern biological science. The objects of research, as a rule, are blood, urine, saliva, dental dentin and bone tissue, etc. In our works, it was previously shown that the most accessible and effective object of analysis can be human hair, animal hair and the surface of plants. Given the nature of origin, specific living conditions, the diversity of the diet and the features of the vital activity of organisms, the content and distribution of chemical elements in them, apparently, will have a strictly individual character. In this regard, in the present work, the authors limited themselves to the study of representatives of the fauna and flora of the Siberian region and the adjacent areas. The studies were carried out in an accredited laboratory "Environmental Monitoring", which is part of the Tomsk Regional Center for Collective Use of NI TSU. For analysis, the Grand spectrometer with a multichannel analyzer of emission spectra (MAES) was used. New patterns in the distribution of chemical elements in biological systems of the antagonistic type are established. On this basis, it was possible not only to predict the properties of the biological systems under study, but also to put forward proposals for optimizing their functioning, which underlie the improvement of the adaptive characteristics of the population to variable environmental factors. It is shown that the periodic patterns of the biological systems of Siberia are of the same type, which emphasizes the unified genetic nature of their origin and the characteristics of the habitat.

Key words: *Periodic law, bio elements, hair of the person, indumentum of animals, blanket of plants, the plasma-arc analysis, cindery, habitat.*

References

1. Pupyshev AA, Surikov VT. Mass-spektrometrija s induktivno-svjazannoj plazmoj. Obrazovanie ionov [Mass spectrometry with the inductive and connected plasma. Formation of ions]. – Yekaterinburg: Ural'skoe otделение Rossijskoj akademii nauk, Publ.; 2006. 114 p. In Russian
2. MUK 4.1.1482-03. Opredelenie himicheskikh jelementov v biologicheskikh sredah i preparatah metodami atomno-jemissionnoj spektroskopii s induktivno-svjazannoj plazmoj i mass-spektrometrii s induktivno-svjazannoj plazmoj: Metodicheskie ukazanija [Definition of chemical elements in biological environments and medicines by methods of atomic and mass spectrometry with the inductive and connected plasma and mass spectrometry with the inductive and connected plasma: Methodical instructions]. Moscow: Federal'nyj centr gossanepidnadzora Minzdrav Rossii, Publ.; 2003. 56 p. In Russian
3. MU FR.1.31.2013.13831 Metodika (metod) izmerenij massovoj koncentracii jelementov v probah volos metodom atomno-jemissionnogo analiza s dugovym vzbuzhdeniem spektra [Technique (method) of measurements of mass concentration of elements in tests of hair by method of the atomic and mass analysis with arc excitement of a range]. Svidetel'stvo ob attestacii metodiki (metoda) izmerenij №08-47/380.01.00143-2013.2016 [Certificate on certification of a technique (method) of measurements No. 08-47/380.01.00143-2013.2016]. In Russian
4. Labusov VA, Garanin VG, Zarubin IA. Novye spektral'nye komplekсы na osnove analiticheskikh analizatorov MAJeS [New spectral complexes on the basis of the MAES analytical analyzers]. Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov = Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials. 2017. Vol. 83. № 1–II, pp. 15–20. In Russian
5. Otnahov VI, Petrova EV. Optimizacija uslovij provedenija atomno-jemissionnogo spektral'nogo analiza poroshkovyh prob slozhnogo sostava na grafitovoj osnove [Optimization of conditions of atomic emission spectral analysis of powder samples of complex composition on graphite

- basis]. *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov = Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials*. 2012. Vol.78. № 1–2, P. 82–85. In Russian
6. Otmahov VI. Metodologicheskie osobennosti sozdaniya metodik atomno-jemissionnogo analiza razlichnyh ob'ektov [Methodological features of creation of methods of atomic emission analysis of various objects]. *Analitika i kontrol'*. 2005. Vol.9. №3, P. 245–249. In Russian
 7. Otmahov VI, Petrova EV, Varlamova NV. Strukturno-metodicheskaja shema sozdaniya metodik analiza oksidnyh materialov s primeneniem metoda atomno-jemissionnoj spektroskopii [Structural-methodical scheme of creation of methods of analysis of oxide materials using the method of atomic emission spectroscopy]. *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov = Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials*. 2008. Vol. 74. № 8, pp. 15–17. In Russian
 8. GSO 8487-2003 Standartnye obrazcy sostava grafitovogo kollektora mikroprimesej. Komplekt SOG-37 [Standard examples of structure of a graphite collector of microimpurity. SOG-37 set]. Yekaterinburg: UGTU-UPi [Ural'skij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet], Publ.; 2003.
 9. Otmahov VI, Kataeva NG, Kuskova IS, Petrova EV. Elementnyj analiz volos metodom dugovoj atomno-jemissionnoj spektroskopii s cel'ju diagnostiki zabolevanij [The element analysis of hair by method of arc atomic and issue spectroscopy for the purpose of diagnosis of diseases]. In: *Himicheskij analiz i medicina. Sbornik tezisov 1 Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Chemical analysis and medicine: the collection of theses of 1 All-Russian conference with the international participation]. Moscow: Moscow, Publ.; 2015. p. 134. In Russian
 10. Otmahov V.I, Petrova EV, Shilova IV. Dugovoj atomno-jemissionnyj spektral'nyj analiz lekarstvennyh rastenij. *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov = Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials*. 2015. Vol.81. №1-II, P. 145–148.
 11. Otmahov VI, Kuskova IS, Petrova EV, Krasnov EA, Zamoshhina TA, Reshetov JaE, Rabcevic ES, Babenkov DE. Analiticheskoe soprovozhdenie poluchenija litijsoderzhashhih rastitel'nyh jekstraktov ritmomodelirujushhego dejstva [Analytical maintenance of receiving lithium-containing plant extracts of ritmomodeliruyushchy action]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Himija - Tomsk State University Journal of Chemistry*. 2016; 2. pp. 35–44. In Russian, English summary
 12. Otmahov VI, Obuhova AV, Ondar SA, Petrova EV. Opredelenie jelementnogo statusa cheloveka s cel'ju ocenki jekologicheskoy bezopasnosti regionov [Determination of the elemental status of a person in order to assess the environmental safety of the regions]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Himija – Tomsk State University Journal of Chemistry*. 2017; 9. pp. 50–59. In Russian, English summary
 13. Kuskova IS. *Optimizacija uslovij provedenija jelementnogo analiza biologicheskikh ob'ektov metodami dugovoj i plamennoj atomno-jemissionnoj spektrometrii* [Optimization of conditions of carrying out element analysis of biological objects by methods of arc and ardent atomic and issue spectrometry] [CandSci. Dissertation Abstract, Chemistry]. Tomsk: National research Tomsk. state university; 2017. 24 p. In Russian
 14. RMG 61–2010. Pokazateli tochnosti, pravil'nosti, precizionnosti metodik kolichestvennogo himicheskogo analiza. Metody ocenki. Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij [Indicators of accuracy, correctness, precision of techniques of the quantitative chemical analysis. Assessment methods. State system of ensuring unity of measurements]. Moscow: Standartinform, Publ.; 2013. 58 p. In Russian
 15. Skal'naja MG, Skal'nyj AV, Demidov VA. Zavisimost' elementnogo sostava volos ot pola i vozrasta [Dependence of element structure of hair on gender and age]. St. Petersburg: *Vestnik SPb GMA im. I.I.Mechnikova*, 2001, №4(2), pp.72–77. In Russian
 16. Skal'nyj AV, Rudakov IA. Biojelementologija: osnovnye ponjatija i terminy [Bioelementologiya: basic concepts and terms]. Orenburg: GOU OGU, 2005. 50 p. In Russian

17. Zhornjak LV. *Jekologo-geohimicheskaja ocenka territorii goroda Tomsk po dannym izuchenija pochv* [Ecological and geochemical assessment of the territory of Tomsk according to the study of soils] : Dis. kand. geol.-mineral. nauk. Tomsk, 2009. 205 p.
18. Nozdrjuhina LR, Grinkevich NI. Narushenie mikrojelementnogo obmena i puti ego korrrekcii [Violation of micronutrient metabolism and ways of its correction]. Moscow: Nauka, Publ.; 1980. 168 p. In Russian
19. Baranovskaya NV, Rikhvanov LP, Ignatova TN. i dr. Ocherki geohimii cheloveka: monografiya. Tomskiy politehnicheskij universitet [Essays on human geochemistry: a monograph. Tomsk Polytechnic University]. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publ.; 2015. 378 p. In Russian
20. Skal'nyj AV, Rudakov IA. Biojelementy v medicine [Bio-elements in medicine]. Moscow: Mir, Publ.; 2004. 272 p. In Russian
21. Skal'nyj AV. Himicheski elementy v fiziologii i jekologii cheloveka [Chemical elements in physiology and ecology of the person]. Moscow: Mir, Publ.; 2004. 216 p. In Russian
22. Shilova IV. Farmakologicheskie aspekty izuchenija himicheskikh elementov v rastenijah [Pharmacological aspects of studying of chemical elements in plants]. *Geohimija zhivogo veshhestva* [Geochemistry of live substance]. Materialy mezhdunarodnoj molodezhnoj shkoly-seminara, posvjashhennoj 150-let. so dnja rozhd. V.I. Vernadskogo. [Materials of the international youth workshop devoted 150 years from the date of V.I. Vernadsky]. Tomsk, 2013. pp. 111–115. In Russian
23. Samojlov NN. Soderzhanie litija v tkanjah laboratornyh zhivotnyh [The lithium content in the tissues of laboratory animals]. *Izvestija Sibirskogo otdelenija AN SSSR: Serija biologicheskikh nauk*. [News of the Siberian office of Academy of Sciences of the USSR: Series of biological sciences]. 1973. Vol. 10, № 2. pp. 179–183.
24. Zamoshhina TA, Krasnov EA, Otmahov VI, Petrova EV, Reshetov JaE, Prosekina EJu, Tomova TA, Kuskova IS. Ocenka hronobiologicheskoy aktivnosti vodnogo jekstrakta nadzemnoj chasti repejnichka volosistogo [Assessment of chronobiological activity of the aqueous extract of the aboveground part of the hairy burdock]. *Jeksperimental'naja i klinicheskaja farmakologija – Experimental and clinical pharmacology*. 2016. Vol. 79, № 5. pp. 3–6. In Russian
25. Krasnov EA, Avdeeva EJu. Himicheskij sostav rastenij roda *Filipendula* (obzor) [Chemical composition of plants of the sort *Filipendula* (review)]. *Himija rastitel'nogo syr'ja* [Chemistry of vegetable raw materials]. 2012; 4. pp. 5–12.
26. Krasnov EA, Savel'eva EE, Ryzhakova NK, Reshetov JaE, Gataullina AR. Issledovanie soderzhanija dominirujushhih grupp BAV i biojelementov v nekotoryh rastenijah semejstva *Rosaceae* [The study of the dominant groups of biologically active substances and bioelements in some plants of the family *Rosaceae*]. *Himija rastitel'nogo syr'ja* [Chemistry of vegetable raw materials]. 2017. № 4, pp. 145–151. In Russian
27. Ashoff Ju. Biologicheskie ritmy [Biological rhythms]. Ju. Ashoffa, editor. Moscow: Mir, Publ.; 1984. Vol. 1. 262 p. In Russian
28. Rapoport SI. Hronomedicina, cirkadiannye ritmy. Komu jeto nuzhno? [Chronomedicine, circadian rhythms. Who needs it?]. *Klinicheskaja medicina – Clinical medicine*. 2012. № 8. pp. 73–75. In Russian
29. Komarov FI, Rapoport SI, Breus TK, Chibisov SM. Desinhronizacija biologicheskikh ritmov kak otvet na vozdejstvie faktorov vneshnej sredy [Desynchronization of biological rhythms as a response to environmental factors]. *Klinicheskaja medicina – Clinical medicine*. 2017. Vol. 95, № 6. pp. 502–512. In Russian
30. Otmahov VI, Sarkisov JuS, Pavlova AN, Obuhova AV. Periodicheskie zavisimosti raspredelenija himicheskikh jelementov v zol'nom ostatke volos cheloveka [Periodic dependencies of distribution of chemical elements in the cindery rest of hair of the person]. *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov = Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials*. 2019. Vol. 85(1–2):73–76.
31. Ivleva AV, Obuhova AV, Pavlova AN. Raspredelenie himicheskikh elementov v zol'nom ostatke volos cheloveka i volosjanogo pokrova zhivotnyh Tomskoj oblasti [Distribution of chemical

elements in the cindery rest of hair of the person and indumentum of animals of the Tomsk region]. In: *64-ja universitetskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija studentov i molodyh uchenyh*. [Chosen reports of the 64th university scientific and technical conference of students and young scientists] Tomsk: Tomsk state architectural and construction university Publ.; 2018. pp. 671–676.

Information about the authors:

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

Sarkisov Yury, PhD, Professor, Department chair of Chemistry, General education faculty, Tomsk State Architectural and Construction University (Tomsk, Russia). E-mail: sarkisov@tsuab.ru

Pavlova Alla, PhD, assistant professor, Department chair of Chemistry, General education faculty, Tomsk State Architectural and Construction University (Tomsk, Russia). E-mail: ean73@rambler.ru

Kuskova Irina, PhD, engineer-researcher, Laboratory of environment monitoring, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia). E-mail: kuskova.i@mail.ru

Obukhova Anastasiya, master student, Analytical Chemistry Department, Chemical Faculty, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia). E-mail: nastyuffka201095@gmail.com

Petrova Elena, PhD, assistant professor, Analytical Chemistry Department, Chemical Faculty, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia). E-mail: elena1207@sibmail.com

Maria Omelchenko, student, Analytical Chemistry Department, Chemical Faculty, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia). E-mail: masha.omko@gmail.com