

3. Рассказов С.В., Ильясова А.М., Чувашова И.С. и др. Гидрогеохимическая зональность изотопов урана ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) на юге Сибирского палеоконтинента: роль резервуара Южного Байкала в формировании подземных вод // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11. № 3. - С. 632–650.
4. Туровский С.Д., Абакиров Ш.А. К геохимии тория в гидротермальном процессе // Радиоактивные элементы в горных породах. Материалы Первого всесоюзного радиогеохимического совещания. Новосибирск, Наука 1975. - С. 166–171.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОРГАНИЗМА АЛТАЙСКОГО МАРАЛА (*Cervus elaphus sibiricus*) В РАЙОНЕ РАЗВИТИЯ ГЕОФАГИИ (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)

Стрепетов Д.А.

Научный руководитель доцент Соктоев Б.Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Геофагия – это феномен заглатывания камней и земляных веществ. Для наземных растительноядных и всеядных млекопитающих геофагия характерна только для некоторых областей. Посещая одну и ту же местность в течение многих поколений, животные формируют особые ландшафтные комплексы – кудюры [5]. Подобные комплексы были выявлены в том числе на территории Республики Алтай в районе реки Малая Сумульта – Сумультинские кудюры (Онгудайский район, Республика Алтай). Они находятся в логах на крутых южных или юго-западных склонах, подверженных выветриванию за счёт повышенного увлажнения и интенсивного облучения солнечной радиацией (инсоляции). Сами же кудюры представлены глинистым элювием широко распространённых здесь зелёных сланцев, в составе которых преобладают слюдистые (глинистые) минералы, такие как серицит, хлорит, монтмориллонит и др., являющиеся природными сорбентами и ионообменниками [4].

Целью данной работы являлось выявление особенностей химического состава органов и тканей алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*). Ареал обитания марала приурочен к бассейну р. Малая Сумульта, вышеописанные кудюры часто посещаются дикими животными, в том числе маралами. Для достижения поставленной цели образцы органов и тканей марала были проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Результаты анализа были обработаны с помощью программ Statistica и Microsoft Excel. Всего было проанализировано 32 пробы органов и тканей.

Для большинства химических элементов в организме алтайского марала характерны коэффициенты вариации, соответствующие весьма неоднородному распределению ($>130\%$), в связи с чем были выбраны медианные значения в качестве показателя среднего содержания в организме. Наибольшие коэффициенты вариации наблюдаются для таких элементов, как Cd, Hg и Ni, в то время как наибольшие медианные значения отмечаются у Cl, S и K.

Для выявления систем-концентраторов химических элементов в организме марала изученные пробы органов и тканей были сгруппированы по следующим системам: центральная нервная (спинной мозг), покровная (глаз, ухо, кожа), костно-мышечная (бедренная мышца, бедренная кость, зубы, диафрагма), дыхательная (трахея, бронх, лёгкое), кровеносная (сердце, кровь, костный мозг, селезёнка, печень), пищеварительная (язык, пищевод, рубец, сетка, книжка, тонкая кишка (начало, середина, конец), слепая кишка, ободочная кишка (начало, середина, конец), прямая кишка), мочеполовая (почка, мочевой пузырь, семенник). Для определения геохимической специализации каждой системы были рассчитаны коэффициенты концентрации (K_k) как отношение медианного содержания химического элемента в системе органов к аналогичному показателю во всём организме (Таблица). Изученные системы органов выстраиваются в следующий ряд по количеству химических элементов с $K_k > 2$: пищеварительная – костно-мышечная – покровная – мочеполовая – центральная нервная – дыхательная – кровеносная. Таким образом, пищеварительная система оказывается основным концентратором химических элементов, в том числе редкоземельных (РЗЭ) и радиоактивных. Это указывает на то, что потребляемая пища, особенно в районах, где проявляется феномен геофагии, оказывает существенное влияние на химический состав всего организма. Также наблюдается аккумуляция РЗЭ в покровной системе. Халькофильные элементы накапливаются в мочеполовой и дыхательной системах. Для кровеносной системы как наиболее динамичной среди изученных не характерно накопление химических элементов, за исключением Fe, что обусловлено, прежде всего, гемоглобином.

Таблица

Геохимические ряды ($K_k \geq 2$) в системах органов алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*) (бассейн р. Малая Сумульта, Республика Алтай)

Пищеварительная	$\text{Sm}_{77}\text{-Dy}_{66}\text{-Yb}_{29}\text{-W}_{16}\text{-Eu}_{13}\text{-Pr}_{12}\text{-Gd}_{12}\text{-Er}_{11}\text{-Bi}_{11}\text{-Sr}_{9,5}\text{-Mn}_{8,7}\text{-Sn}_6\text{-Y}_{5,4}\text{-Ba}_{4,9}\text{-Al}_{4,8}\text{-Sb}_{4,1}\text{-Ca}_{3,9}\text{-Ga}_{3,8}\text{-Ni}_{3,4}\text{-Nd}_3\text{-U}_{2,9}\text{-Th}_{2,8}\text{-Pb}_{2,6}\text{-Rh}_{2,6}\text{-Ce}_{2,5}\text{-La}_{2,5}\text{-Zr}_{2,4}\text{-Li}_{2,2}\text{-Mo}_{2,1}$
Костно-мышечная	$\text{Ca}_{69}\text{-Eu}_{41}\text{-Rh}_{27}\text{-Sr}_{26}\text{-Ba}_{8,7}\text{-Ti}_{7,4}\text{-P}_{6,6}\text{-Ga}_{4,6}\text{-Li}_{2,9}$
Покровная	$\text{Sm}_{36}\text{-Dy}_{23}\text{-Yb}_{15}\text{-W}_{13}\text{-Tl}_8\text{-Eu}_{5,7}\text{-Pr}_{3,5}\text{-La}_{2,2}$
Мочеполовая	$\text{Te}_{10}\text{-Tl}_{7,9}\text{-Ag}_{6,6}\text{-Bi}_6\text{-Se}_{2,7}\text{-Mo}_{2,6}\text{-Cd}_{2,1}$
Центральная нервная	$\text{Ag}_{5,2}\text{-Au}_{2,9}$
Дыхательная	$\text{Te}_{10}\text{-Bi}_3$
Кровеносная	$\text{Fe}_{2,5}$

Кластерный анализ показал, что большая часть РЗЭ в организме алтайского марала кластеризуются наиболее плотно, при этом к ним тяготеет Al. Однако La и Ce образуют группу с Mn, а Eu объединяется с другими остеотропными элементами, такими как Ca, Sr, Ba и др. (Рисунок). Также хорошо выделяется ассоциация элементов, типичных для сульфидов, например, Cd, Hg, Te и Tl [2,3], что соответствует специфике металлогении Горного Алтая, где выявлено большое количество сульфидных месторождений [1]. Результаты кластерного анализа подтверждаются корреляционной матрицей и построенной на её основе графической ассоциацией для химических элементов, чьи корреляционные связи превышают критическое значение равное 0,7.

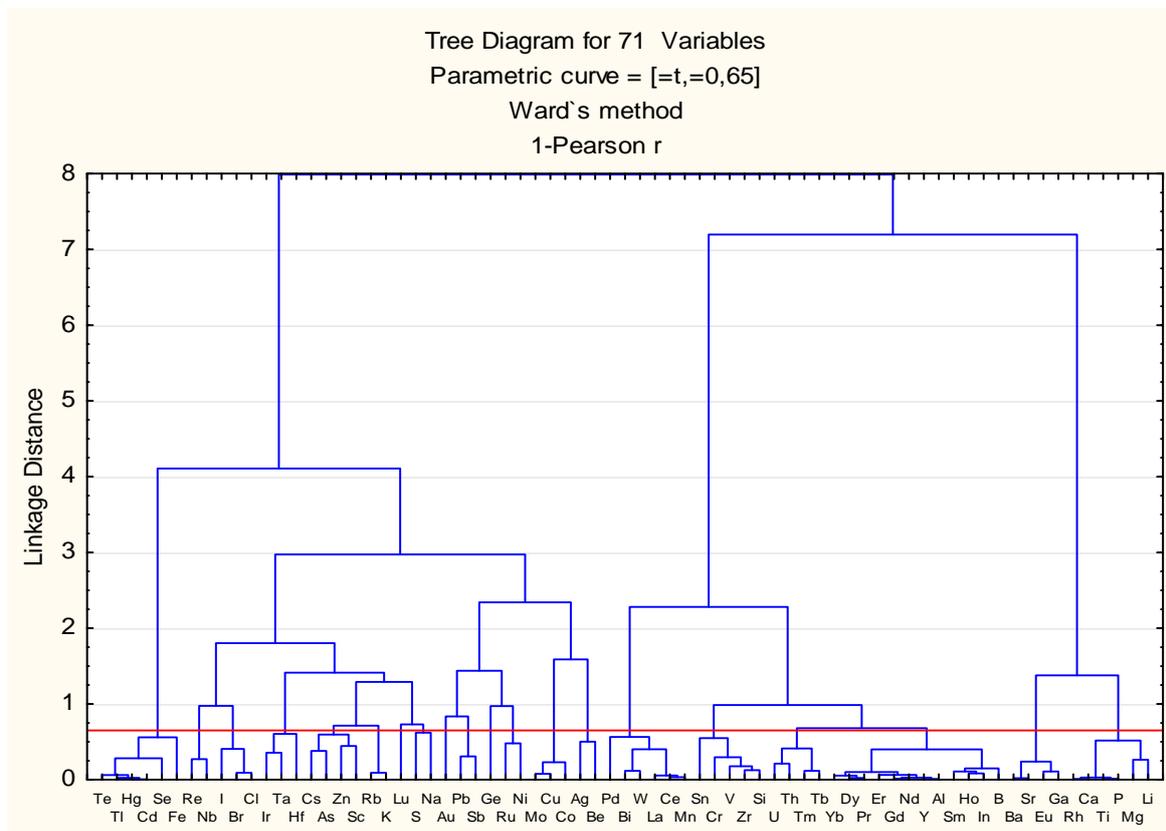


Рис. Дендрограмма корреляционной матрицы химических элементов в организме алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*)

Таким образом, в ходе работы было установлено, что на элементный состав организма алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*) влияет несколько факторов, ведущими из которых являются: 1) пища, вероятно, в том числе и материал кудров, 2) особенности геологического строения и металлогении ареала обитания животного, 3) особенности накопления тех или иных химических элементов в различных органах и тканях организма.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-64-47021)

Литература

1. Гусев, А.И. Полиметаллическое оруденение Горного Алтая: перспективы и прогнозная оценка [Текст] / А.И. Гусев // Природные ресурсы Горного Алтая. – 2007. – № 8. – С. 16-22.
2. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. Кн. 3: Редкие р-элементы. [Текст] / В.В. Иванов – М.: Недра, 1996. — 352 с.
3. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. Кн. 5: Редкие d-элементы. [Текст] / В.В. Иванов. – М.: Экология, 1997. — 575 с.
4. М-45-IX. Карта полезных ископаемых СССР. Алтайская серия: карта полезных ископаемых / сост. и подгот. к печати производств. Западно-Сибирское геологическое управление; гл. ред. В.М. Сенников. - 1:200 000. - М.: Госгеолтехиздат, 1958. - 1 л.
5. Паничев, А.М. Литофагия: причины феномена [Текст] / А.М. Паничев // Природа. – 2016. – №. 4. – С. 25-34.