

6. Ильичев, А. И., Виткин, М. П., Калишев, Н. В. КУЗБАСС - ресурсы - экономика - рынок. – Кемерово, 1995. – 280 с.
7. Кондратьева И. А., Максимова И. Г., Надъярных Г. И. Распределение урана в рудоносных породах Малиновского месторождения по данным F-радиографии. Литология и полезные ископаемые. – УДК 551, 2004. – 400 с.
8. Монголина, Т. А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2011. – 21 с.
9. Соколов, Б. Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2015. – 22 с.
10. Фронтасьева, М. Ф. Нейтронный активационный анализ в науках о жизни: обзор / М.В. Фронтасьева // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2011. – Том. 42, № 2. - Р. 636-716.
11. Языков, Е. Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра. геол.-минерал. наук. – Томск, 2006. – 47 с.

**РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (U, Th) В СИСТЕМЕ «ВОДА-МАТ-СУБСТРАТ»  
ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ**

**Смолякова А. Д.**

Научный руководитель профессор Барановская Н.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Байкальская рифтовая зона является второй по величине рифтовой зоной в мире, одной из самых динамичных в России и имеет исключительные природные характеристики. Исследование данной территории проводилось на протяжении последнего столетия. Тенденция к постоянным землетрясениям позволяет выявлять значительные геофизические аномалии, в том числе и изменения уровня содержания и накопления радионуклидов (табл.1) [2], так, например, В.В. Чердынцев и П.И. Чалов в 1970 гг смогли теоретически обосновать феномен высокого отношения активностей урана-234 и урана-238 в условиях циркулирующих подземных вод, который происходит ввиду сейсмогенной деформации коры. На данный момент этим направлением исследований занимаются ученые Института земной коры СО РАН и ЛИН СО РАН [3].

*Таблица 1*

*Радиоактивные элементы в системе оз. Байкал (Бухаров А.А.2001)*

Содержание : вода озера	Содержание: ил
Уран ( $U^{238}$ ) – 0,4 мкг/дм <sup>3</sup> ( $1,24 \times 10^4$ Бк/г)	Уран ( $U^{238}$ ) – 12 г/т (150 Бк/кг)
Торий ( $Th^{232}$ ) – 0,22 мкг/дм <sup>3</sup> ( $3,7 \times 10^3$ Бк/г)	Торий ( $Th^{232}$ ) – 12 г/т (44 Бк/кг)

Дисбаланс в содержании изотопов урана наблюдается в циркулирующих подземных водах, поэтому системы гидротермальных источников являются объективными носителями не только актуальной информации о динамических процессах территории, но и благодаря деятельности микроорганизмов, могут показать тенденции изменений показателей во времени.

Баргузинска впадина характеризуется рудно-водородной урановой минерализацией (соответственно сопутствующим молибденовой и селеновой). Элементы - S, Se, U, Mo, Pb концентрируются на окислительных геохимических барьерах кайнозойских отложений Байкальской рифтовой области (табл.2) [1].

*Таблица 2*

*Содержания Se, U, Mo, Pb и сопутствующих элементов в минеральных новообразованиях термальных источников Байкальской рифтовой системы (Брюханова Н.Н.2002)*

Точка отprobования	Среда	Se, мг/т	U, г/т	Mo, г/т	Pb, г/т
Источник Кулиные болота	Минеральная грязь (гейзерит)	613	1,74	11,1	10,58
Кучегерский источник		853	2,72	0,6	8,1

При поступлении U и Th с термальными водами, хоть и не в большом количестве, радиоактивные элементы высвобождаются в условиях грейзенизации и показывают тенденцию к концентрированию.

Способность различных микроорганизмов накапливать уран (рис.1), цезий, стронций и др. изучена хорошо, в данной статье сделана попытка закрыть пробел в исследованиях по изучению биологического извлечения и накопления из окружающей среды радиоактивных элементов цианобактериальными сообществами. Ввиду высокой степени приспособляемости организма к экстремальным условиям (высокая щелочность), определяется высокая устойчивость к тяжелым и радиоактивным металлам, а также высокая интенсивность метаболических процессов, рост бактерий.



Рис. 1. Концентрация "U" в матах термальных источников, относительно кларка литосферы (Виноградов А.П. 1962)

В термальных источниках имеет место однотипная система поведения радиоактивных элементов: Th и U характеризуются слабой миграционной активностью с тенденцией к концентрации в цианобактериях и дальнейшем осаждении в субстрат (в условиях данной фациальной обстановки). Закономерно происходит перераспределение U и, реже, Th. В воде источников Кучегэр и Алла, Th накапливается примерно такое же количество как и U.

Определено, что концентрации U в воде стабильно выше Th, в то время как в матах и субстрате Th преобладает во всех пробах (за исключением Арангагуя) (рис.2).

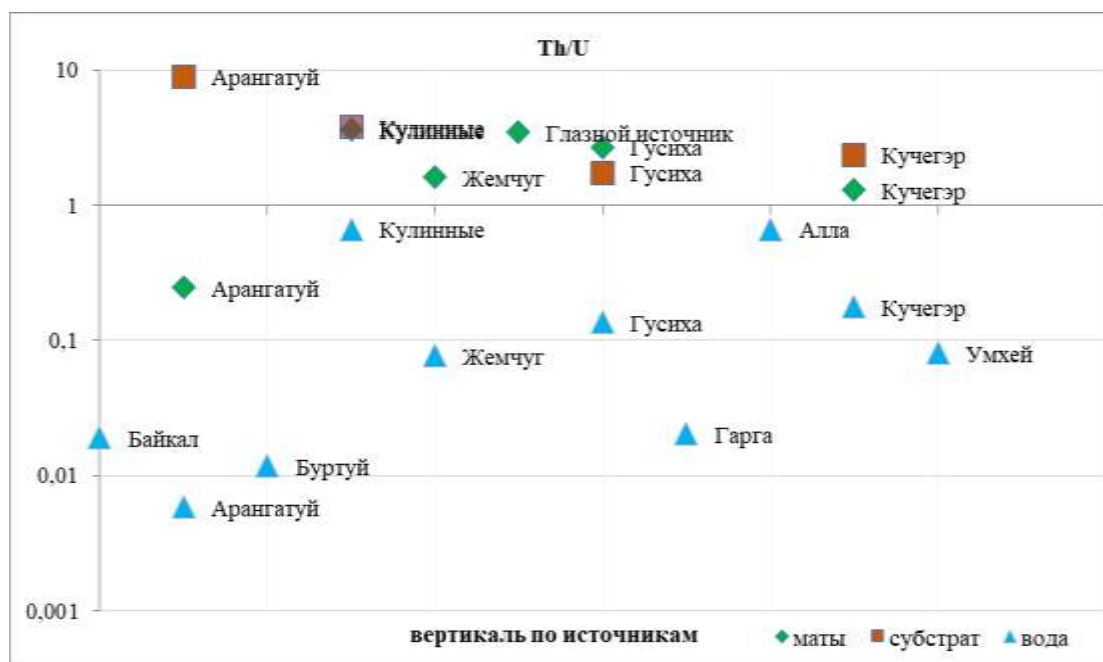


Рис. 2. Торий-урановое соотношение концентраций в компонентах природной среды источников Баргузинской впадины

Количество подвижных комплексов Th в послемагматических щелочных растворах достигает высоких уровней, они характеризуются высокой устойчивостью в первично-щелочной среде и пониженной при падении давления и щелочности раствора.

#### Литература

1. Брюханова Н.Н. Геохимия Se, S, U и сопутствующих элементов в кайнозойских осадочных отложениях и нефти Байкальской рифтовой зоны. // Мат. молодых учёных – 2002. Современные проблемы геохимии. –Иркутск, 2003. - С. 11-14.
2. Бухаров А.А. Байкал в цифрах (краткий справочник). – Иркутск: Изд-во ИП «Макаров С.Е.», 2001. - 72с.

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	$\text{Fe}_{2,5}$