

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ ОНГОНИТОВ

Л.П. Рихванов¹, С.И. Арбузов¹, Батулзий Даш²

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

² Монгольский университет науки и технологий, Улан-Батор, Монголия

Приведены новые данные по геохимии и радиогеохимии петротипа ультракислых гранитоидных образований литий-фтористого типа. Даётся их сопоставление с аналогичными образованиями магматического генезиса. По своим геолого-геохимическим и радиогеохимическим показателям они строго соответствуют магматическим образованиям, принципиально отличающимся от их аналогов, выделенных на Алтае («калгутиты»), и являющимся, на наш взгляд, магматическими породами, испытавшими интенсивные метасоматические преобразования. Критерием их отличия является величина торий-уранового отношения, которая в онгонитах больше 3.

Ключевые слова: Монголия, онгониты, уран, торий, торий-урановое отношение, индикаторная роль естественных радиоактивных элементов, радиогеохимическая типизация пород.

Введение

С момента первого описания субвулканических дайковых образований типа топазсодержащих кварцевых кератофиров в районе олово-вольфрамового месторождения Онгон-Хайерхан в Республике Монголия, имеющих ярко выраженную литий-фтористую с tantalом геохимическую специализацию и поэтому получивших собственное название по месту описания данного петротипа – онгониты [Коваленко и др., 1971; Коваленко, Коваленко, 1976], они рассматриваются как классические магматические образования, являющиеся аналогом редкометалльно-фтористых гранитов, вопрос генезиса которых на тот период времени достаточно широко дискутировался [Беус и др., 1962].

Геолого-структурная позиция онгонитов, характер их взаимоотношения с вмещающими породами, минералого-петрографические и физико-химические исследования, выполненные коллективом ученых под руководством В.И. Коваленко, не оставляют сомнений в том, что эти образования кристаллизовались из магматического расплава, насыщенного флюидами. Кристаллизацию такой магмы Д.С. Коржинский называл апоэвтектической.

Следует особо отметить, что Д.С. Коржинский лично посетил эти образования в 1969 г. и после ознакомления с геологической ситуацией и материалами по исследованию этого типа пород именно он предложил В.И. Коваленко дать им самостоятельное название, что и было сделано.

На сегодняшний день в мире существует достаточно много описаний редкометалльных щелочных гранитоидов, и практически во всех случаях они сопоставляются по тем или иным признакам с онгонитами; данные, полученные по ним, используются для модельных построений.

Такого рода онгонитоподобные породы с ярко выраженной литий-фтористой с редкими элементами гео-

химической специализацией исследованы в России, Франции, Германии, Украине и других странах; нередко их сопоставляют с монгольскими образованиями и называют онгонитами [Дергачёв, 1991; Владимиров и др., 2007 и др.] или дают им собственные названия типа «калгутиты», которые отсутствуют в петрографическом кодексе [Дергачёв, 1991; Анникова, 2003; Владимиров и др., 2007].

Обратиться к изучению геохимии онгонитов авторов, занимающихся геохимией радиоактивных элементов в различных природных образованиях [Рихванов, 2002; Поцелуев и др., 2008 и др.], в том числе разработкой радиогеохимической типизации рудно-магматических образований [Рихванов, 2002], заставили радиогеохимические данные, полученные нами при изучении Калгутинского вольфрам-молибденового месторождения, расположенного на юге Горного Алтая, в так называемой Талицко-Монголо-Алтайской металлогенической зоне, в пределах которой фиксируется проявление щелочных редкометалльных гранитоидов [Ножкин, Рихванов, 2014].

В пределах изученного рудного поля месторождения, в полях развития гранитоидов, слагающих собственный Калгутинский массив, развиты секущие маломощные дайкообразные тела кварц-полевошпатовых пород гранитоподобного облика, которые получили местное название «калгутиты» и которые ряд исследователей сопоставляют с онгонитами [Анникова, 2003].

Особенностью этих образований является то, что в них содержание урана значительно больше, чем тория, что не согласуется с имеющейся радиогеохимической информацией по типичным магматическим образованиям, формирующими из расплавов [Шатов et al., 1997; Рихванов, 2002 и др.], в которых величина торий-уранового отношения, как правило, больше 2 и может колебаться в магматических породах планет солнечной системы от 2,2 до 5,2 при его среднем значении для континентальной коры 4,2.

Основываясь на этих представлениях, нами в работах [Рихванов, 2002; Пощелуев и др., 2008] были высказаны сомнения в магматической природе данных образований. При этом не отрицалось их возможное первично-магматическое происхождение, но сегодняшний их минералого-геохимический облик существенно изменён метасоматическими процессами, что, конечно, необходимо учитывать при рассмотрении их геохимических особенностей и построении петрологической модели.

Эта точка зрения встретила критические замечания ряда петрологов, которые в разговоре всегда приносили в качестве аргумента дайки топазовых риолитов в районе месторождения вольфрама Онгон-Хайерхан (Монголия). В связи с этим возникла необходимость доизучить геохимию классических онгонитов в их петротипе на содержание радиоактивных элементов, так как эта геохимическая информация в ранее проведённых исследованиях отсутствовала.

Материалы и методы

Первоначальный каменный материал для исследования нам был любезно предложен с одной из даек месторождения Онгон-Хайерхан профессором В.С. Антипинным. Этот образец был многократно исследован методом инструментального нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии, функционирующей на базе научно-исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета.

Высокая мощность и качественный поток нейтронов на существующем реакторе позволяет достаточно надёжно определять около 25–30 элементов одновременно в одной пробе.

Чувствительность и качество анализа используемого метода анализа удовлетворительные. Об этом можно судить по результатам интеркалибровок и анализов стандартных образцов сравнения (табл. 1).

Таблица 1

Содержание химических элементов (г/т) в стандарте США «Базальт», BCR-1 и установленные их концентрации по данным ИНAA

Elements contents (ppm) in «Basalt» USA standard, BCR-1 and determined by use INAA

Table 1

Элемент	Паспортные данные, %	Данные ИНAA, %		
		ЯГЛ ТПУ	Pal, Terrell, 1978	Гладней и др., 1983
Sc	0,00326	0,0038	0,00326	
Cr	0,0016	0,0019	0,00126	
Fe	9,36	9,6	9,4	
Co	0,0037	0,00465	0,0034	
Rb	0,00469	0,0068	0,0060	
Ba	0,0678	0,090	0,050	
La	0,00249	0,0026	0,00253	0,00253
Ce	0,00536	0,00465	0,0051	0,00525
Sm	0,000659	0,00059	0,00068	0,000669
Eu	0,000198	0,00029	0,0002	0,000201
Tb	0,000113	0,000199	0,00011	0,000107
Yb	0,000339	0,00042	0,00033	0,000339
Lu	0,000052	0,000062	0,000056	0,0000536
Hf	0,000497	0,000718	0,00051	
Th	0,000604	0,000494	0,00073	
U	0,000172	0,000089	0,0002	

Кроме того, определение урана и тория в данном образце осуществлялось рентгеноспектральным методом в ЦАЛ «Берёзовгеология» (г. Новосибирск). Для урана также использовался метод запаздывающих нейтронов, являющийся самым достоверным недеструктивным методом определения этого элемента в природных объектах [Рихванов, 2002].

Благодаря поддержке ООО «Чингисханбанк» (руководитель С.Б. Громов) нам удалось посетить район распространения этих уникальных ультракислых редкометальных пород и провести их исследование непосредственно на их выходах с целенаправленным отбором проб и последующим анализом вышеуказанными методами.

В полевых условиях на месте коренного залегания онгонитов осуществлялось определение U (по

Ra), Th, K методом гамма-спектрометрии прибором РКП «305», «Карат», имеющим пределы обнаружения по урану к торию 1 г/т, по калию – 0,1% (рис. 1).

Опыт использования этого типа приборов [Рихванов, 2002 и др.] свидетельствует о высокой достоверности получаемых результатов при исследовании любых типов горных пород за исключением некоторых базитов и ультрабазитов при соблюдении основных правил измерения.

Измерения проводились на всех трёх основных дайках онгонитов, имеющих собственные названия: «Штокверковая», «Промежуточная» и «Амазонитовая», а также по некоторым другим, на которых возможно было выбрать ровную площадку площадью 1 м². Каждая точка измерения имела координатную спутниковую привязку и показана на рис. 2.



Рис. 1. Коренное залегание онгонитов

a – общий вид дайки онгонитов «Штокверковая»; б – контакт дайки со сланцами, расчистка; в – измерение радиогеохимических параметров онгонитов прибором РКП-305

Fig. 1. Bedrock occurrences of ongonites

a – overall look of ongonite dike «Stockwerkovaia»; b – dike and schist contact, stripping; c – ongonites radiogeochemical parameters measuring with use of RKP-305 instrument

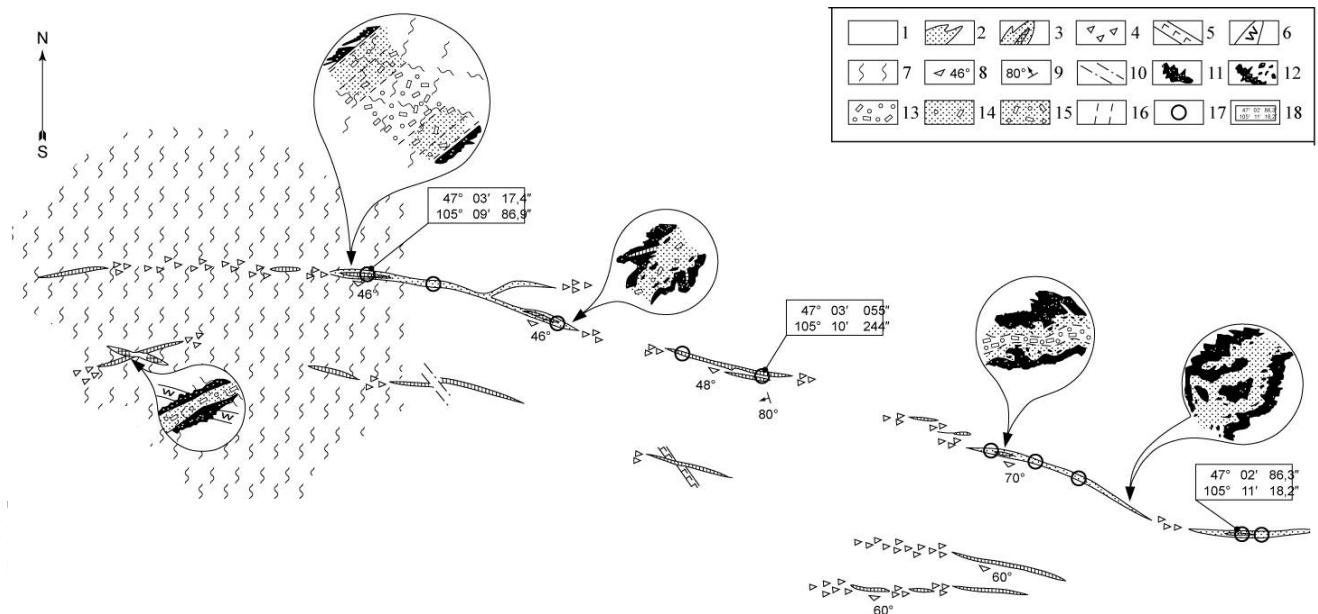


Рис. 2. Схема расположения даек онгонитов и элементы их внутреннего строения по [Коваленко и др., 1976] с дополнением

1 – алевролиты и сланцы среднепалеозойского возраста; 2 – микрозернистые закаленные онгониты; 3 – закаленные онгониты с более раскристаллизованными центральными частями; 4 – высыпки даек онгонитов; 5 – дайки габбро; 6 – кварц-вольфрамитовые жилы; 7 – кварц-топаз-слюдяной штокверк с прожилками грейзенов с вольфрамитом и кассiterитом (участок «Штокверковый»); 8 – элементы залегания даек; 9 – элементы залегания вмещающих пород; 10 – зоны дробления. При детализации (увеличенено в 40 раз); 11 – вмещающие песчаники и алевролиты; 12 – ксенолиты вмещающих пород в онгонитах; 13 – онгониты с большим количеством вкрапленников; 14 – закаленные онгониты; 15 – промежуточные по степени закристаллизованности онгониты; 16 – границы зон онгонитов с разной степенью закристаллизованности; 17 – точки измерения радиогеохимических параметров; 18 – координаты точек по данным ОР8

Fig. 2. Scheme of ongonite dikes location and their structural elements according to [Kovalenko et al., 1976] with additions

1 – middle Paleozoic aleurolites and schists; 2 – micrograined quenched ongonite; 3 – quenched ongonite with more crystallized central parts; 4 – ongonite dikes; 5 – gabbro dikes; 6 – quartz-wolframite veins; 7 – quartz-topaz-mica stockwork with stringers of greisen with wolframite and cassiterite (“Stockwork” section); 8 – dikes; 9 – host rock attitude elements; 10 – clastation zones. Detailing (scale 40 times larger): 11 – host sandstones and aleurolites; 12 – host rock xenoliths in ongonites; 13 – ongonites with large amount of phenocrysts; 14 – quenched ongonites; 15 – intermediately crystallized ongonites; 16 – borders of zones of differently crystallized ongonites; 17 – radiogeochemical parameters measuring points; 18 – measuring points coordinates according to GPS

Результаты исследования

В табл. 2 приведены данные по составу онгонитов по результатам многоэлементного нейтронно-активационного анализа, а в табл. 3 представлены материалы гамма-спектрометрических измерений содержания в них естественных радиоактивных элементов.

Анализ данных табл. 2 подтверждает все ранее установленные В.И. Коваленко и его коллегами геохимические особенности этих пород.

Обращают на себя внимание чрезвычайно низкие содержания Fe и Ca, а также нижекларковые содержания по сравнению с континентальной земной корой Co, Ba, Sr, La, Ce, Tb, Yb.

Таблица 2

Содержание химических элементов в онгонитах по данным ИНАА, г/т

Table 2

Elements contents in ongonites determined by use of INAA, ppm

Элемент	№ пробы			Кларк континентальной коры (по С. Тейлору и др., 1988)
	P-1	P-2	P-3	
Na, %	4,1	3,9	4,2	2,9
Ca, %	<0,5	<0,5	<0,5	3,0
Fe, %	0,29	0,28	0,26	3,5
Cr	28,2	33,3	29,5	35
Co	0,55	0,81	0,66	10
Sc	11,8	11,8	12,2	11
Ba	<100	<100	<100	550
Sr	<200	<200	<200	350
Rb	2503	2472	2443	112
Cs	92,1	89,4	92,1	3,7
Br	<4	<4	<4	2
Au	<0,005	<0,005	<0,005	0,001
Ag	<1	<1	<1	0,05
As	<5	<5	<5	1,5
Sb	<0,2	<0,2	<0,2	0,2
Hf	9,6	11,9	10,0	4
Ta	51,5	51,3	51,1	2,2
La	9,9	8,3	8,7	30
Ce	28,0	29,6	30,2	64
Sm	4,6	4,8	4,7	4,5
Eu	<0,2	<0,2	<0,2	0,9
Tb	1,18	1,02	1,13	6,6
Yb	3,1	2,6	3,1	2,2
Lu	0,35	0,37	0,35	0,3
Th	12,7	14,1	12,3	10,7
U	3,8	3,7	4,0	2,8

Таблица 3

Содержание радиоактивных элементов в дайках онгонитов по данным полевой гамма-спектрометрии

Table 3

Radioactive elements contents in ongonite dikes determined by use of field gamma-spectroscopy

№ п/п	Название дайки по В.И. Коваленко	Содержание			$\frac{\text{Th}}{U}$
		U, г/т	Th, г/т	K, %	
1	Штокверковая	$\frac{6,4}{5-8} 10$	$\frac{20,2}{17-24}$	$\frac{3,6}{3,3-4,0}$	3,2
2	Промежуточная	$\frac{3,3}{2-4} 6$	$\frac{18,2}{14-20}$	$\frac{4,1}{3,7-4,6}$	5,5
3	Амазонитовая	$\frac{6,0}{5-7} 6$	$\frac{24,8}{22-28}$	$\frac{4,4}{4,1-4,7}$	4,1
4	Безымянная (между Промежуточной и Амазонитовой)	$\frac{5,1}{4-6} 12$	$\frac{19,9}{19-21}$	$\frac{4,0}{3,8-4,4}$	3,9
5	Среднее по всем дайкам	$\frac{5,7}{2-8} 34$	$\frac{20,6}{16-28}$	$\frac{4,0}{3,3-4,7}$	3,6

Примечание. В числителе – среднее значение; в знаменателе – разброс частных значений; справа от дроби – количество замеров показателя.

Околокларковыми концентрациями в них характеризуются Cr, Sc, Sm, Lu. Просматривается отчётливо выраженная тенденция к образованию европиевого минимума, что характерно для многих кислых и щелочных магматических пород.

В то же время эти породы чрезвычайно обогащены относительно кларка Rb, Cs, Hf, Ta. Именно эти геохимические особенности, а также высокие концентрации фтора, лития, таллия, олова, бериллия и ниobia позволяют обоснованно их выделить в особый литий – фтористый – геохимический тип гранитоидов [Коваленко и др., 1971; Коваленко, Коваленко, 1976].

Радиогеохимические показатели данных пород (см. табл. 3) свидетельствуют о том, что по своим усреднённым показателям по урану (5,7 г/т), торию (20,6 г/т) и калию (4%) они являются радиогеохимически специализированными породами по отношению к кларку земной коры. Они близки по своим показателям к кислым и щелочным вулканитам Казахстана, Восточного Саяна, Забайкалья и некоторых других территорий бывшего Советского Союза [Рихванов и др., 1987 и др.], а также некоторым типам высококремнистых вулканитов Роки-Маунтин, Спёр-Маунтин США, Мексики, Японии и других районов.

Величина торий-уранового отношения в них равняется 3,6 и характеризует типичные магматические образования.

Содержания естественных радиоактивных элементов в дайках колеблются в достаточно широком интервале. Так, уровни накопления урана варьируют от 3 до 8 г/т при минимальном его среднем содержании в дайке «Промежуточная» (3,3 г/т) и максимальном – в дайке «Штокверковая» (8 г/т).

Для тория пределы колебания изменяются от 16 (дайка «Промежуточная») до 28 г/т (дайка «Амазонитовая»). Менее существенна вариация в содержании калия (от 3,3 до 4,7%). Минимальным накоплением данного компонента характеризуется дайка «Штокверковая», тогда как максимальное его значение фиксируется в дайке «Амазонитовая».

Пределы колебания торий-уранового отношения незначительны и находятся в интервале 3,2–5,5, что хорошо укладывается в область значений этого показателя практически для всех типов кислощелочных пород магматического генезиса.

Минимальное его среднее значение отмечается в дайке «Штокверковая», в пределах которой уверенно фиксируются следы наложенных гидротермальных процессов в виде систем прожилков кварцевого и слюдистого составов.

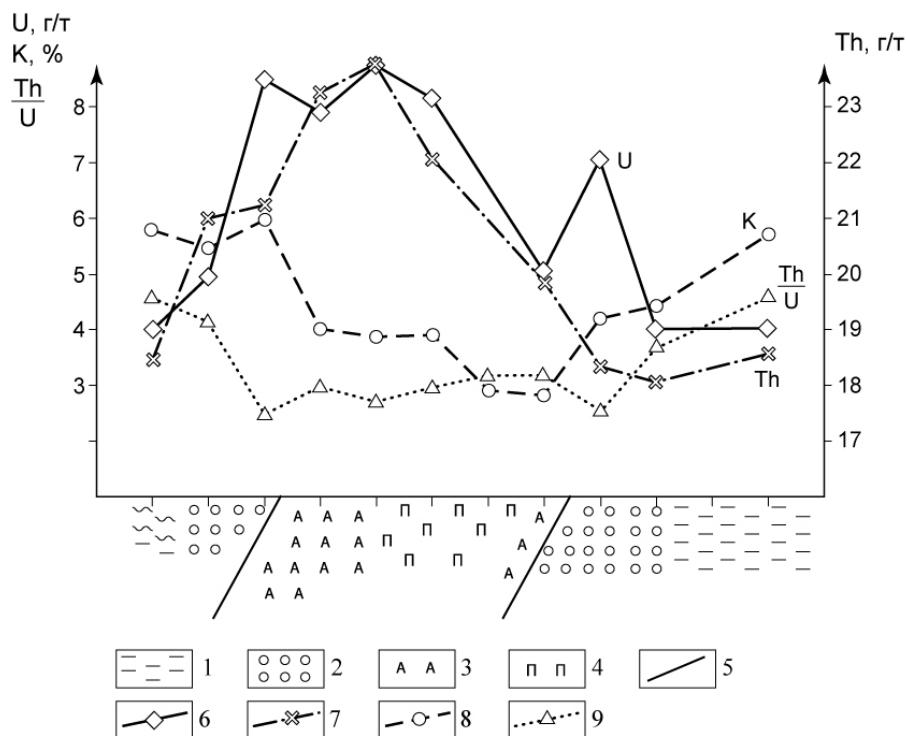


Рис. 3. Радиогеохимический профиль через дайку «Штокверковая»

1 – сланцы; 2 – породы экзоконтакта; 3–4 – онгониты: 3 – афировые, 4 – порфировые; 5 – зона контакта; 6–8 – кривые распределения: 6 – урана, 7 – тория, 8 – калия; 9 – торий-урановое отношение

Fig. 3. Radiogeochemical profile through the “Stockwork” dike

1 – schists; 2 – exocontact rocks; 3–4 – ongonites: 3 – aphyric ones, 4 – porphyritic ones; 5 – contact zone; 6–8 – distribution graphs of: 6 – uranium, 7 – thorium, 8 – potassium; 9 – thorium/uranium ratio

Более того, в приконтактовых частях этой дайки, пространственно ближе всего расположенной к кварц-вольфрамовому месторождению Онгон-Хайрхан, отмечаются локальные участки с величиной торий-уранового отношения около 1, что однозначно свидетельствует о проявленности метасоматических процессов, особенно в висячем контакте дайки, где иногда сложно уловить непосредственный контакт между собственно магматическим телом и зонами ороговикования вмещающих его сланцев.

Как показывают полевые наблюдения, уровень концентрирования радиоактивных элементов определяется прежде всего степенью раскристаллизованности пород. Минимальные концентрации урана, тория и калия фиксируются в афировых разностях онгонитов, что достаточно хорошо видно на графиках распределения радиоэлементов по сечению дайки «Штокверковая» (рис. 3), и, хотя эти различия не существенны, они заметны. Это наблюдается повсеместно, в том числе и по дайке «Амазонитовая». Так, ярко выраженная афировая её разновидность характеризуется следующими средними концентрациями естественных радиоэлементов: уран – 5,7 г/т, торий – 22,7 г/т, калий – 4,3%, Th/U = 4,0, тогда как порфировые разновидности имеют следующие показатели: 6,3; 27,0; 4,6; 4,3 соответственно.

Зональность в распределении редких элементов в дайках онгонитов в зависимости от степени насыщения их порфировыми выделениями также была установлена в более ранних исследованиях [Беус и др., 1962].

Обсуждение полученных результатов

Полученная новая, ранее отсутствующая геохимическая информация по естественным радиоактивным элементам в петротипе весьма специфичных пород, известных как онгониты, свидетельствует о том, что данный выделенный дайковый комплекс высокофтористых редкометалльных кислых пород формируется из магматических расплавов.

Обращает на себя внимание, что такого типа вулканические породы, как это было показано нами в работе [Рихванов и др., 1987], нередко характеризуются весьма низкими изотопными отношениями стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0 = 0,7043$) и ряда других минерало-геохимических признаков, позволяющих предполагать протекание процессов магмогенерации подобных расплавов в верхней мантии при участии базальтовой магмы с участками обогащения некогерентными элементами, что предполагает высокую потенциальную рудоперспективность ореолов развития данного типа пород на выявление месторождений редких и радиоактивных элементов, в том числе в полях развития щёлочных базальтоидов с аномальной радиогеохимической спецификой (U – 4 г/т; Th – 12,9 г/т; K – 4,6%; Th/U = 3,2), выявлен-

ной нами в 2008 г. в районе слияния рек Суман-Гол и Чулут-Гол (координаты точки опробования $48^{\circ}13'19,1''$, $100^{\circ}25'06,4''$).

Такого типа магматические образования, по-видимому, пользуются достаточно широким распространением, в том числе в Забайкалье, где Г.А. Шатковым, В.И. Медведевым и др. описаны цезийсодержащие риолитовые обсидианы с высоким содержанием урана (до 20 г/т) и тория (до 60 г/т). При этом величина торий-уранового отношения в них достаточно хорошо выдерживается и находится на уровне 2,5–3,5.

Такого геохимического типа породы могут являться индикаторами специфических астеносферных процессов, приводящих к формированию мантийных плутонов, функционирование которых в данной части Центральной Азии активно обсуждается [Ярмолюк, Коваленко, 1991 и др.].

Интерпретация петрогохимических данных при выделении геохимических типов пород и построении петрологических моделей требует большой осторожности, нежели сейчас это наблюдается в научной литературе. Необходимо постоянно иметь в виду, что природные процессы значительно более разнообразны и допускают существование близко аналогичных типов продуктов, но имеющих разное происхождение, что хорошо известно под термином «конвергенция».

В нашем случае, обсуждаемом в данной публикации, это прежде всего относится к так называемым «калгутитам», сопоставляемым разными авторами с онгонитами по ряду петрогохимических показателей, но в то же время отличающимся принципиально радиогеохимическими особенностями (табл. 4).

Классический петротип онгонитов, как это видно из анализа рис. 4, имеет наиболее близкие радиогеохимические характеристики к гранитоидам вольфрамовой и олово-вольфрам-бериллий-урановой специализации и среднемировому показателю для гранитоидов [Поцелуев и др., 2008; Shatov et al., 1997]. По этим показателям они практически располагаются в поле кислых стёкол и риолитов Эфиопии [Tweedi, 1979], а также близки к стандартным образцам сравнения гранитов Франции (GA-1), риолитов Японии (JR-1) и ряду других типичных магматических образований, не вызывающих вопросов в их генезисе, тогда как «калгутиты», сопоставляемые с онгонитами, находятся далеко от полей радиогеохимической реализации классических магматитов.

К сожалению, в практике геолого-геохимических исследований радиоактивные элементы, содержащиеся в тех или иных количествах абсолютно во всех природных образованиях, в том числе в интрузивных и эфузивных породах, и обладающие ярким индикаторным показателем – величиной торий-уранового отношения ($\text{Th}/\text{U} > 2$) в горных породах, образующихся из расплавов, используются крайне редко.

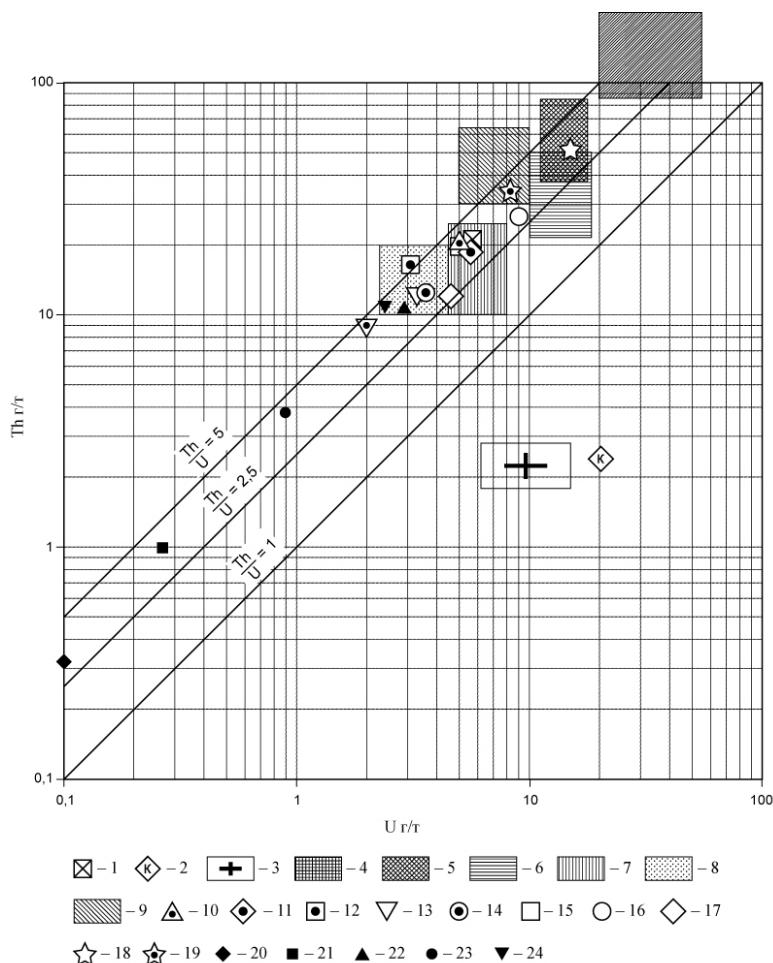


Рис. 4. Положение онгонитов (1) и «калгутитов» (2) на радиогеохимической диаграмме относительно некоторых типов магматических пород и геологических образований

1 – онгониты из петротипа района месторождения «Орхон-Хаэрхан» (Монголия); 2 – «калгутиты» (онгониты) из месторождения «Калгутинское» (Горный Алтай); 3–9 – поля металлогенических специализированных гранитоидов [Рихванов, 2002]: 3 – сподуменовый тип танталоносных гранитов по [Рихванов, 2002], 4 – тантал-ниобиевые гранитоиды Нигерии по Orajoka, 1989 [Рихванов, 2002], 5 – литиевые граниты Корсики по Bonin [Рихванов, 2002], 6 – олово-вольфрам-бериллиевые с литием и цезием, танталом и ниобием по Stussi et al., 1989 [Рихванов, 2002], 7 – олово-вольфрам-бериллий-ураниевые с ураном и торием по Stussi et al., 1989 [Рихванов, 2002], 8 – вольфрамоносные по Stussi et al., 1989 [Рихванов, 2002], 9 – медно-молибден-вольфрамовые с ураном и торием по Stussi et al., 1989 [Рихванов, 2002]; 10 – среднемировые граниты по [Tweedi, 1979]; 11 – среднее для гранитоидов активизации Центральной Сибири по [Рихванов, 2002]; 12 – гранитоиды Забайкалья (162 массива, 3072 пробы по В.И. Медведеву и др., ГП «Сосновгеология»); 13 – вулканиты кислого состава Забайкалья (39 полей, 397 проб, по В.И. Медведеву и др., ГП «Сосновгеология»); 14 – ультракислые риолиты Горного Алтая по Ю.А. Тикунову, 1995 [Рихванов, 2002]; 15 – кислые стёкла и риолиты Эфиопии [Walter et al., 1987]; 16 – риолиты Японии, стандарт JR-1; 17 – обсидиан, США; 18 – граниты NIMG, Африка; 19 – порфировидные граниты, в полях развития которых локализуются «калгутиты» (онгониты); 20–24 – средние оценки содержания урана и тория по С.Р. Тейлору и С.М. Мак-Ленону, 1988: 20 – хондриты, 21 – нижняя континентальная кора, 22 – верхняя континентальная кора, 23 – континентальная кора в целом, 24 – пелагическая глина

Fig. 4. Ogonites (1) and “kalgutites” (2) position at radiogeochemical diagram in regard to some kinds igneous rocks and geological formations

1 – ongonites of petrotype of Orkhon-Khaerkhan deposit (Mongolia); 2 – «kalgutites» (ongonites) from Kalgut deposit (Gorny Altai); 3–9 – Fields of metallogenetic specialized granites [Rikhvanov, 2002]: 3 – spodumene type of tantalum-bearing granites according to [Rikhvanov, 2002], 4 – tantalum-niobium-bearing granitoids of Nigeria according to Orajoka, 1989 [Rikhvanov, 2002], 5 – lithium-bearing granites of Corsica according to Bonin [Rikhvanov, 2002], 6 – tin-tungsten-beryllium granites with lithium and cesium, tantalum and niobium according to Stussi et al., 1989 [Rikhvanov, 2002], 7 – tin-tungsten-beryllium-uranium granites with uranium and thorium according to Stussi et al., 1989 [Rikhvanov, 2002], 8 – tungsten-bearing ones according to Stussi et al., 1989 [Rikhvanov, 2002], 9 – copper-molybdenum-tungsten ones with uranium and thorium according to Stussi et al., 1989 [Rikhvanov, 2002]; 10 – world average granites according to [Tweedi, 1979]; 11 – average granitoids of Central Siberia activation according to [Rikhvanov, 2002]; 12 – Transbaikalia granitoids (162 massifs, 3072 samples, according to V.I. Medvedev et al., state enterprise «Sosnovgeology»); 13 – Transbaikalia felsic volcanites (39 fields, 397 samples, according to V.I. Medvedev et al., state enterprise «Sosnovgeology»); 14 – ultrafelsic rhyolites of Gorny Altai according to Yu.A. Tikunov, 1995 [Rikhvanov, 2002]; 15 – felsic glasses and rhyolites of Ethiopia according to [Walter et al., 1987]; 16 – rhyolites of Japan, JR-1 standard; 17 – obsidian, USA; 18 – NIMG granites, Africa; 19 – porphyaceous granites, within fields of which “kalgutites” (ongonites) are located; 20–24 – average values of uranium and thorium content according to S.R. Taylor and S.M. McLennan, 1988: 20 – chondrites, 21 – lower continental crust, 22 – upper continental crust in general, 23 – continental crust in general, 24 – pelagic clay

Сравнительная радиогеохимическая характеристика онгонитов и «калгутитов»

Т а б л и ц а 4

Comparative radiogeochical characteristic of ongonites and «kalgutites»

T a b l e 4

№ п/п	Порода	Th, г/т	U, г/т	K, %	$\frac{\text{Th}}{\text{U}}$	Источник
1	Калгутиты Калгутинского рудного поля, Горный Алтай	5,0	29,7	2,0	0,2	Наши данные
2	Вмещающие их порфировидные гранитоиды	34,2	8,3	5,3	4,1	Наши данные
3	Вмещающие их порфировидные гранитоиды	26,0	6,8	4,6	3,8	Поцелуев А.А и др., 2008, Владимиров А.Г. и др., Анникова И.Ю.
4	Калгутиты, сопоставляемые с онгонитами	2,4	20,2	1,7	0,1	Поцелуев А.А. и др., 2008, Владимиров А.Г. и др., Анникова И.Ю.
5	Петротип онгонитов, Монголия	20,6	5,7	4,0	3,6	Наши данные

Особенно это характерно для современных исследований в России, тем более что сегодня существуют хорошие аналитические методы анализа этих компонентов с весьма качественными метрологическими характеристиками по чувствительности, точности, воспроизводимости и экспрессности, в том числе в полевом дистанционном варианте (гамма-спектрометры различных типов для наземных и воздушных измерений).

Активное внедрение в практику геохимических исследований методов ICP-MS, позволяющих определять естественные радиоактивные элементы, дают возможность использовать эти компоненты для более правильного понимания геологических явлений и образующихся при этом продуктов магматизма, метаморфизма и др.

При этом необходимо помнить только одно: геохимия урана и тория в магматических и водных флюидах принципиально различна, что выражается в соотношении тория к урану (>2 и <2 соответственно). На этот факт обратил внимание наш великий соотечественник В.И. Вернадский («Очерки геохимии». 1934 г.), а также такие выдающиеся исследователи радиоактивности, как Э. Резерфорд и Б. Болтвуд.

Этот показатель является не только критерием генезиса магматических пород, но и своеобразным признаком репрезентативности используемой выборки для петрогенетических построений.

Анализ современных исследований, посвящённых тем или иным аспектам геохимии магматитов, показывает, что имеются как высококачественные по подбору материалы выборки, так и не отвечающие таковым.

Примерно первого типа могут быть материалы монографии, изданной на английском языке по рудоносности гранитоидов Казахстана [Ярмолюк, Коваленко, 1991], а второго – статьи, посвящённые выделению новых петрогохимических типов гранито-

идов в Восточном Саяне [Довгаль, Минин, 1990], в Горном Алтае [Кудрин и др., 1994; Анникова, 2003; Владимиров, Анникова, Антипин, 2007] и др.

Выводы

1. Петротип дайковых пород под названием «онгониты» является радиогеохимически специализированным комплексом по содержанию урана 5,7 г/т и близким к таковому для тория 20,6 г/т при величине $\text{Th}/\text{U} = 3,6$. По этим параметрам он соответствует классическим магматогенным образованиям, как это и утверждалось ранее при детальных геолого-минералого-геохимических исследованиях.

2. По этим параметрам онгониты соответствуют гранитоидам вольфрамовой и олово-вольфрам-бериллий-урановой специализации и соответствуют по этим показателям среднемировым гранитам.

3. Наличие такого типа геохимически специализированных магматических пород свидетельствует о высокой потенциальной рудоносности данного сегмента земной коры с участием астеносферного вещества, поступающего по механизму плюма.

4. Выделенные как аналоги онгонитов дайковые образования под названием «калгутиты» в Горном Алтае не могут рассматриваться как таковые, так как они имеют принципиально иные радиогеохимические показатели ($\text{Th}/\text{U} < 1$), что, скорее всего, отражает высокую степень их метасоматической переработки.

5. Радиогеохимические показатели могут и должны использоваться как индикаторы магматической природы происхождения пород, генезис которых дискуссионен в силу широко проявленных явлений конвергенции.

Авторы выражают благодарность профессору В.С. Антипину (ГЕОХИ СО РАН, г. Иркутск) за полезные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

- Анникова И.Ю.** Редкometалльные граниты, онгониты и эльваны Калгутинского массива, Южный Алтай (состав, связь с оруденением, петрогенетическая модель формирования) : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Новосибирск, 2003. 20 с.
- Беус А.А., Северов В.А., Сишин А.А. и др.** Альбитизированные и грейзенезированные граниты (апограниты). М. : АН СССР, 1962. 196 с.
- Владимиров В.Г., Анникова И.Ю., Антипин В.С.** Онгонит-эльвановый магматизм Южной Сибири // Литосфера. 2007. № 4. С. 21–40.
- Дергачёв В.Б.** Онгониты и эльваниты // Известия АН СССР. Сер. Геология. 1991. № 10. С. 34–43.
- Довгаль В.Н., Минин В.А.** Петрохимические особенности щелочных гранитоидов различной формационной принадлежности // Геология и геофизика. 1990. № 4. С. 86–92.
- Коваленко В.И., Кузьмин М.И., Антипов В.С., Петров Л.Л.** Топазодержащий кварциевый кератофир (онгонит) – новая разновидность субвулканических жильных магматических пород // Доклады АН СССР. 1971. Т. 199, № 2. С. 430–433.
- Коваленко В.И., Коваленко Н.И.** Онгониты – субвулканические аналоги редкometалльных литий-фористых гранитов. М. : Наука, 1976. 125 с.
- Кудрин В.С. и др.** Новый сподуменовый тип танталоносных редкometалльных гранитов // Петрология. 1994. Т. 24, № 1. С. 63–69.
- Ножкин А.Д., Рихванов Л.П.** Радиоактивные элементы в коллизионных и внутриплитных натрий-калиевых гранитоидах: уровни накопления, значение для металлогении // Геохимия. 2014. № 9. С. 807–821.
- Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Владимиров А.Г. и др.** Калгутинское редкometалльное месторождение (Горный Алтай). Магматизм и рудогенез. Томск : Изд-во СТТ, 2008. 225 с.
- Рихванов Л.П.** Радиогеохимическая типизация рудно-магматических образований. Новосибирск : Изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2002. 536 с.
- Рихванов Л.П. и др.** Радиоактивные элементы как индикаторы при решении геолого-генетических вопросов магмо-рудообразования (на примере Горного Алтая) // Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых : материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства». Томск : Изд-во ТПУ, 2001. С. 319–322.
- Рихванов Л.П., Плюснин Г.С., Ершов В.В. и др.** О генезисе радиогеохимически специализированных вулканитов юга Сибири // Геохимия. 1987. № 12. С. 1739–1750.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И.** Рифтогенный магматизм активных континентальных окраин и его рудоносность. М. : Наука, 1991. 272 с.
- Shatov V., Seltmann R., Kremenetsky A., Lehmann B., Popov V., Ermolov P.** Granite-Related Ore deposits of Central Kazakhstan and adjacent Areas // Journal Petrology. 1997. № 38 (11). P. 1615–1616.
- Tweedie V.R.** Origin of uranium and other metal enrichments in the Helmsdale Granite, eastern Sutherland, Scotland // Institut mining and Metallurgy Transachay Ser. B. 1979. V. 88. P. 38–45.
- Walter R.C., Hart W.K., Westgate J.A.** Petrogenesis of basalt-rhyolite tephra from the west-central Afar, Ethiopia // Contribs. Mineral. Petrol. 1987. V. 95, № 4. P. 42–47.

Авторы:

Рихванов Леонид Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геоэкологии и геохимии, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия.
E-mail: rikhvanov@tpu.ru

Арбузов Сергей Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геоэкологии и геохимии, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Батулзий Даш, профессор, Монгольский университет науки и технологии, Улан-Батор, Монголия

Geosphere Research, 2017, 1, 50–59. DOI: 10.17223/25421379/2/6

L.P. Rihvanov¹, S.I. Arbuzov¹, Batulzii Dash²

¹ National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
² Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

NEW DATA ON GEOCHEMISTRY OF ONGONITES

Ongonites of Mongolia are extremely enriched with Rb, Cs, Hf, Ta and depleted with Ba, Sr. Clear Eu minimum, typical of major part of rare-metal and alkaline rare-metal granitoids, is well defined. At the same time these rocks include elevated concentrations of F, Li, Ti, Sn, Be and Nb. This fact provides an opportunity to identify them as specific Li-F geochemical type of granitoids. Radiogeochimical peculiarities of these rocks (U – 5,7 ppm, Th – 20,6 ppm, K – 4%) are indicative of their specialization in regard to Earth's crust clark. They are similar to rhyolites and felsites of Kazakhstan, Eastern Sayans, Transbaikalia and several types of high-silica volcanites in USA (the Rocky Mountains, Spor-Mountain), Mexico, Japan. New data on geochemistry of natural radioactive elements in ongonites confirm that this high-fluoride rare-metal acid dyke complex have genesis from magmatic melt: Th/U ratio is more than 3 that typical for igneous rocks. The presence of such geochemically specified igneous rocks is an evidence of high ore-

bearing potential capacity of this Earth's crust part due to contribution of matter from asthenosphere probably incoming along with plumes. Dyke rocks in Gorny Altai, known as "kalgutites", could not be considered as analogues of ongonites since they have ultimately different radiogegeochemical characteristics ($\text{Th}/\text{U} < 1$) that most likely to reflect high degree of their metasomatic changes. Therefore, radiogegeochemical characteristics could and should be used as indicators of igneous origin of rocks

Keywords: Mongolia, ongonites, uranium, thorium, thorium-uranium ratio, indicative role of natural radioactive elements, radiogegeochemical rock-typing.

REFERENCES

- Annikova I.Ju. *Redkometall'nye granity, ongonity i jel'veny Kalgutinskogo massiva, Juzhnyj Altaj (sostav, sviaz' s orudieniem, petrogeneticheskaja model' formirovaniya)* [Raremetallic granites, ongonites and elvans of the Kalgutinsky massif, Southern Altai (composition, connection with mineralization, petrogenetic model of formation) //Avtoreferat diss. na soisk. uch. stepeni kand.geol.-min.nauk. Novosibirsk, 2003. 20 p. In Russian
- Beus A.A., Severov V.A., Sishin A.A. et al. *Al'bitezirovannye i grejzenezirovannye granity (apogranity)* [Albitized and greisenized granites (apogranites)]. Moscow: AN SSSR, 1962. 196 p. In Russian
- Vladimirov V.G., Annikova I.Ju., Antipin V.S. *Ongonit-jel'venovyj magmatizm Juzhnoj Sibiri* [Ongonite-elvanic magmatism of Southern Siberia]// Litosfera. 2007. № 4. pp. 21–40. In Russian
- Dergachyov V.B. *Ongonity i jel'venity* [Ongonites and elvanites] // Izvestija AN SSSR, ser. Geologija. 1991. № 10. pp. 34–43. In Russian
- Dovgal V.N., Minin V.A. *Petrohimicheskie osobennosti shhelochnyh granitoidov razlichnoj formacionnoj prinadlezhnosti* [Petrochemical features of alkaline granitoids of different formational affiliation] // Geologija i geofizika. 1990. № 4. pp. 86–92. In Russian
- Kovalenko V.I. Kuz'min M.I., Antipov V.S., Petrov L.L. *Topazsoderzhashhij kvarcievyyj keratofir (ongonit) – novaja raznovidnost' subvulkanicheskikh zhil'nyh magmaticeskikh porod* [Topaz-containing quartz keratophyre (ongonite) is a new species of subvolcanic vein magmatic rocks]// Doklady AN SSSR. 1971. T. 199. № 2. pp. 430–433.
- Kovalenko V.I., Kovalenko N.I. *Ongonity – subvulkanicheskie analogi redkometall'nyh litij-floristyh granitov* [Ongonites are subvolcanic analogues of rare metal lithium fluoride granites]. Moscow: Nauka, 1976. 125 p.
- Kudrin V.S. et al. *Novyj spodumenovyj tip tantalonsnyh redkometall'nyh granitov* [The new spodumene type of tantalum rare metal granites]// Petrologiya. 1994.T. 24. № 1. pp. 63–69. In Russian
- Nozhkin A.D., Rikhvanov L.P.. Radioactive elements in collisional and within-plate sodic-potassic granitoids: accumulation levels and metallogenetic significance// Geochemistry International. 2014. V. 52. № 9. pp. 740–757
- Potseluev A.A., Rikhvanov L.P., Vladimirov A.G. et al. *Kalgutinskoe redkometall'noe mestorozhdenie (Gornyy Altay). Magmatizm i rudogenetza* [Kalgutinskoe rare metal deposit (Gorny Altai). Magmatism and oreogenesis]. Tomsk: Izd-vo STT, 2008. 225 p. In Russian
- Rikhvanov L.P. *Radiogeokhimicheskaya tipizatsiya rudno-magmaticeskikh obrazovaniy* [Radiogeochanical typing of ore-magmatic formations.] Novosibirsk: Izd-vo SO RAN Filial «Geo», 2002. 536 p. In Russian
- Rikhvanov L.P., et al. *Radioaktivnye elementy kak indikatory pri reshenii geologo-geneticheskikh voprosov magmo-rudoobrazovaniya (na primere Gornogo Altaya)* [Radioactive elements as indicators in the solution of geological and genetic issues of magmatic ore formation (on the example of Gorny Altai)] // Regional'naya geologiya. Geologiya mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh: Mater. mezhdunar. nauch.-tekhn. Konferentsii «Gorno-geologicheskoe obrazovanie v Sibiri. 100 let na sluzhbe nauki i proizvodstva». Tomsk: Izd-vo TPU, 2001. pp 319–322. In Russian
- Rikhvanov L.P., Plyusnin G.S., Ershov V.V. et al. *O genezise radiogeokhimicheski spetsializirovannykh vulkanitakh yuga Sibiri* [About genesis of radiogeochimically specialized volcanics of the South of Siberia] // Geokhimiya. 1987. № 12. pp. 1739–1750. In Russian
- Yarmolyuk V.V., Kovalenko V.I. *Riftogenicheskij magmatizm aktivnykh kontinental'nykh okrain i ego rудносность'* [Riftogenic magmatism of active continental margins and its ore content]. Moscow: Nauka, 1991. 272 p. In Russian
- Shatov V., Seltmann R., Kremenetsky A., Lehmann B., Popov V., Ermolov P. Granite-Related Ore deposits of Central Kazakhstan and adjacent Areas // Journal Petrology. 1997. 38 (11). pp. 1615–1616.
- Tweedi V.R. Origin of uranium and other metal enrichments in the Helmsdale Granite, eastern Sutherland, Scotland // Institut mining and Metallurgy Transachay Ser.B. 1979. V. 88. pp. 38–45.
- Walter R.C., Hart W.K., Westgate J.A. Petrogenesis of basalt-rhyolite tephra from the west-central Afar, Ethiopia // Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987. V. 95, №4. pp. 462–480.

Authors:

- Rikhvanov Leonid P.**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Department of Geoecology and Geochemistry, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. E-mail: rikhvanov@tpu.ru
- Arbuzov Sergei Iv.**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Department of Geoecology and Geochemistry, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
- Batulzii Dash**, Professor, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia