

## ПЕРСПЕКТИВЫ ГРАНИТОИДОВ БАРАНГУЛОВСКОГО МАССИВА НА ТАНТАЛ-НИОБИЕВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ, ЗОНА УРАЛТАУ

В.И.Сначёв

Институт геологии  
Уфимского научного центра РАН,  
г. Уфа

*Рассмотрены геологическое строение Барангуловского габбро-гранитного массива, петрографические и минералогические особенности слагающих его пород, изучены физико-химические условия кристаллизации гранитов, содержания в них тантала и ниобия. Показано, что наибольшими перспективами на редкометалльные элементы обладают лейкократовые грейзенизированные граниты, альбититы и дайки аплитов, расположенные в восточной эндоконтактной зоне Барангуловского массива. Предложены конкретные методы для проведения дальнейших поисковых работ.*

*Ключевые слова: Барангуловский массив, тантал, ниобий, зона Уралтау, редкометалльная минерализация, граниты, грейзенизация.*

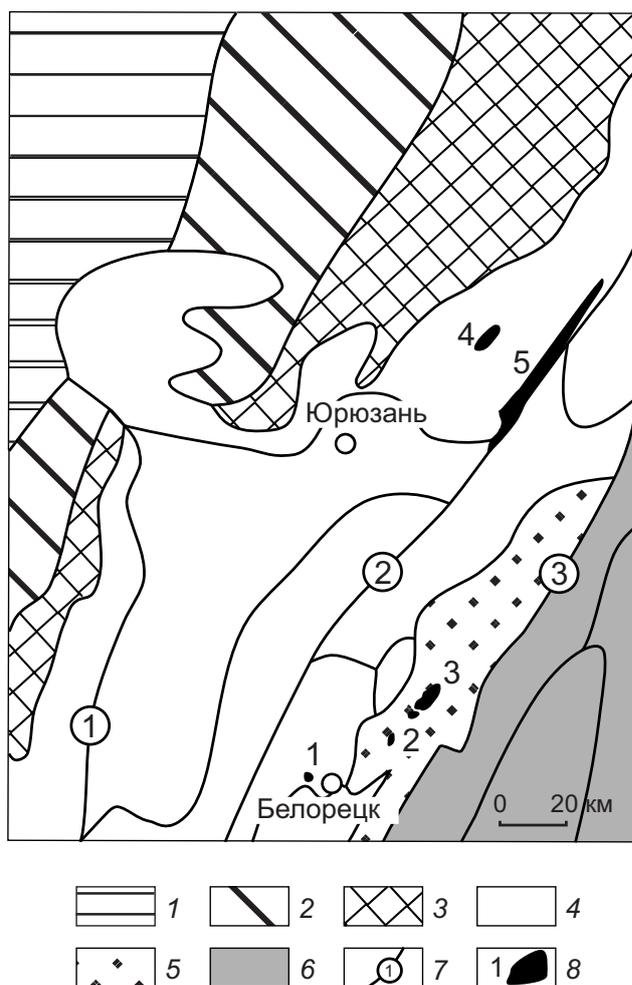
Редкометалльные граниты всегда имели важное значение в качестве источника промышленного получения тантала и ниобия. В последнем анализе минерально-сырьевой базы России на эти элементы редкометалльные граниты включены в число основных источников для производства тантала и ниобия. С редкометалльными гранитами связаны также месторождения олова, вольфрама, бериллия, крупнейшие из которых известны в Приморье, Якутии и Забайкалье.

В современных геолого-генетических моделях редкометалльные граниты, в том числе руды, рассматриваются как интрузивные образования. В отличие от обычных гранитоидов массивы редкометалльных гранитов представляют собой малые интрузивы с размерами в плане, как правило, от долей до первых километров. Чаще это пологие тела мощностью до нескольких сотен метров, иногда штоки, реже силлы и дайки.

Считается, что обнаружение разновидности редкометалльных гранитов из любой части сложного ими геологического тела является находкой как минимум рудопроявления, а нередко – месторождения [1]. Образование та-

ких гранитов связывают с финалом развития гомодромных гранитоидных серий – предельных продуктов дифференциации глубинных очагов магмы в умеренно коллизионных обстановках. Интрузивные тела состоят из нескольких фаз становления и могут сопровождаться собственными пегматитами, метасоматитами, гидротермалитами. Часто располагаются между телами обычных гранитов и вмещающими толщами, создавая впечатление магматической, метасоматической и рудной зональности в едином гранитном куполе.

В силу незначительного развития гранитоидного магматизма в пределах западного склона Южного Урала редкометалльное оруденение, как полагалось ранее, для него не характерно. Здесь известно всего несколько относительно крупных кислых интрузий – Барангуловский, Мазаринский, Артлышский (Уралтауский антиклинорий), Бердяушский, Рябиновский, Ахмеровский (Башкирский антиклинорий) массивы, среди которых только первый представлял определённый интерес для поисков тантала и ниобия (рис. 1) [7].



**Рис. 1. Геологическая схема расположения гранитных массивов западного склона Южного Урала (по материалам В.И.Козлова и др., 1969 г.):**

1 – Восточно-Европейская платформа; 2 – Предуральский краевой прогиб; мегазоны: 3 – Западно-Уральская, 4 – Центрально-Уральская, 5 – Уралтауская, 6 – Магнитогорская; 7 – разломы (1 – Зильмердакский, 2 – Зюраткульский, 3 – Главный Уральский); 8 – гранитные массивы (1 – Ахмеровский, 2 – Мазаринский, 3 – Барангуловский, 4 – Бердяушский, 5 – Рябиновский)

В структуре Южного Урала зона Уралтау, сложенная позднепротерозойскими (?) максютовским и суваньякским метаморфическими комплексами, занимает краевую часть палеоконтинентального сектора, отделённого от островодужных образований Магнитогорского прогиба Главным Уральским разломом. Последний маркируется на поверхности линейными телами ги-

пербазитов и зоной серпентинитового меланжа [8], включающего блоки вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород палеозойского возраста. Часть восточного крыла Уралтауского антиклинория перекрыта надвинутыми с востока палеозойскими образованиями Магнитогорского прогиба. Западная граница зоны Уралтау с Зилаирским прогибом также тектоническая и определяется надвиговыми нарушениями западного падения и присутствием гипербазитовых массивов в пределах последнего [3].

Барангуловский габбро-гранитный массив расположен в северной части Уралтауской мегазоны в верховьях р. Рясток и ручьёв Городской Ключ, Вишнёвый Дол. Представлен вытянутым в северо-восточном направлении линзовидным телом размером 11×4 км с неоднородным внутренним строением (рис. 2). Гранитная часть массива обнажена в виде узкой полосы в основном вдоль восточной его периферии, а также проявлена небольшими линзовидными телами на западном фланге, тогда как породы габбрового состава слагают южное и северное замыкания массива и наиболее развиты в его центральной части. Породы комплекса имеют интрузивный характер соотношения с отложениями мазаринской свиты ( $R_3mz?$ ), выражающийся, прежде всего, в наличии экзо- и эндоконтактовых ореолов вторичного гидротермального минералообразования.

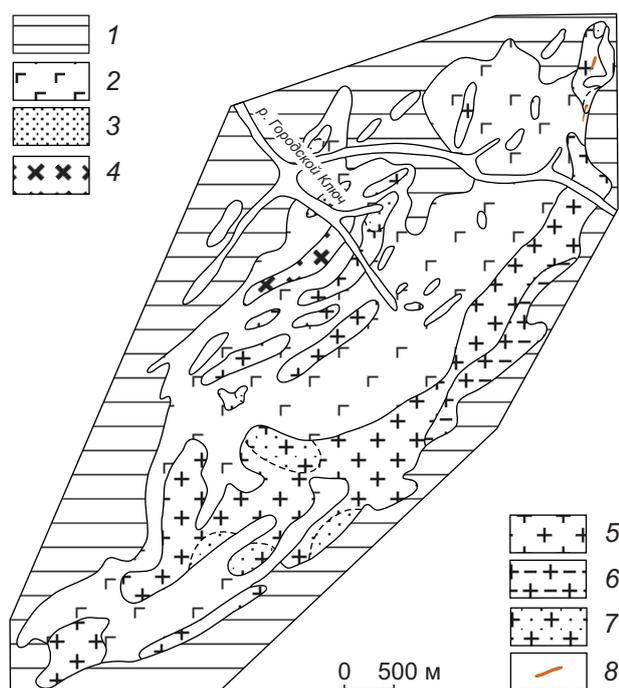
Граниты преимущественно массивные, средне-крупнозернистые с хорошо различимыми вкрапленниками плагиоклаза (15–60%), кварца (15–50%), калиевого полевого шпата (10–50%), биотита (2–10%), мусковита (5–40%) [9]. Отмечаются акцессорные примеси апатита, флюорита, сфена, рутила, циркона, ильменита, анатаза, турмалина, монацита. Лейкократовые граниты имеют близкий состав породообразующих минералов, но отличаются значительно меньшим количеством биотита (1–2%) и существенно большей концентрацией первичного микроклина. Другая их особенность – устойчивое присутствие флюорита, накапливающегося в мусковитизированных и альбитизированных разностях в количестве до 2–3%. Абсолютный возраст пород Барангуловского массива, полученный изотопным уран-свинцовым методом по цирконам, составляет для габбро  $728 \pm 8$ , гранитов  $723 \pm 10$  млн лет [6], что позволяет относить интрузивный комплекс к позднему рифею. Авторы

подчёркивают полихронность цирконов Барангуловского массива и допускают более раннее образование габбро по сравнению с гранитами.

В 1964 г. Белорецким отрядом Центрально-Уральской партии в пределах Барангуловского гранитного массива установлено Вишнёвское проявление уран-ториевой минерализации. При его детализации были выделены первичные ореолы концентрации радиоактивных элементов, связанные с коренными выходами грейзенизированных гранитов, и вторичные ореолы рассеяния этих элементов, приуроченные к современным глинистым образованиям. В пробах грейзенизированных гранитов химическим анализом определены до 0,011 Th, до 0,014% U, а спектральным – концентрации Nb 0,01–0,04, Ce 0,6, La 0,3–0,6, Y 0,1–0,3, Yb 0,01%. Как показали исследования, повышенная радиоактивность грейзенизированных гранитов вызвана присутствием в них таких торийсодержащих минералов, как ортит и циркон. Кроме того, минералогическим анализом в пробах обнаружен минерал жёлто-бурого цвета предположительно из группы ниобатов. По результатам работ выделен Барангуловский поисковый участок, расположенный в верховьях р. Рясток и ручьёв Городской Ключ, Вишнёвый Дол.

В дальнейшем детальные работы на этом участке осуществлял В.И.Козлов и др. (1969 г.). Они включали радиометрическое изучение пород с применением горных, буровых и геофизических работ и сопровождалась отбором большого количества штучных, литохимических и металлотрических проб. Проведёнными работами, во многом подтвердившими ранее полученные результаты, было установлено:

- гранитный массив имеет весьма слабый эрозионный срез, что значительно увеличивает его перспективы в отношении поисков редкометальной и радиоактивной минерализации на глубину;
- повышенная радиоактивность и редкоземельно-редкометальная минерализация связаны с метасоматическими изменениями гранитов – грейзенизацией, альбитизацией, микроклинизацией;
- минералогический анализ проб-протолок показал наличие в гранитах акцессорных примесей флюорита, монацита, ксенотима, апатита, сфена, ортита, циркона, ильменита;

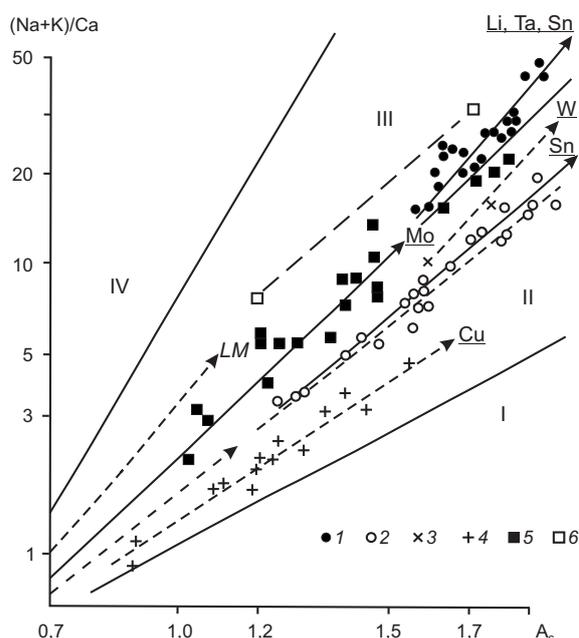


**Рис. 2. Схематическая геологическая карта Барангуловского габбро-гранитного массива (по материалам В.И.Козлова и др., 1969 г.):**

1 – мазаринская свита; 2 – габброиды; 3 – гибридные породы; 4 – диориты; 5 – граниты; 6 – гнейсовидные граниты; 7 – грейзенизированные граниты; 8 – дайки аплитов и гранит-порфиров

- зоны повышенного расщепления и изменения гранитоидов и их эндоконтакты содержат высокие концентрации редкоземельных и редкометальных элементов;
- хотя участки с промышленными содержаниями редкометального оруденения не обнаружены, вероятность концентрации редких металлов в эндо- и экзоконтактной зоне гранитной интрузии на сравнительно небольшой глубине (100–150 м) высока.

В результате выполненных авторами в 2001–2008 гг. исследований была выделена в качестве наиболее перспективной на проведение дальнейших поисковых и буровых работ южная часть Барангуловского массива, расположенная в верховьях р. Рясток [9]. Петролого-геохимическое изучение пород показало, что массив принадлежит к формации мезо-гипабиссальных дифференцированных гранитных комплексов, ха-



**Рис. 3. Эталонные тренды рудогенных гранитоидных формаций на диаграмме  $(Na+K)/Ca - A_c$ :**

тренды составов гранитоидов по месторождениям и рудным районам различных регионов мира: 1 – Li, Ta, Sn, 2 – Sn, 3 – W, 4 – Cu, 5 – Mo; 6 – тренд лейкократовых танталоносных гранитов Барангуловского массива; классификационные поля: I – известковое, II – известково-щелочное, III – субщелочное, IV – щелочное; LM – латитовый (монцонитовый) тренд;  $A_c$  – универсальный параметр общей кислотности-основности магматитов [2]

рактерных для консолидированных складчатых областей и срединных массивов, где обычно развита редкометалльно-редкоземельная минерализация. На основе петрохимических данных установлено соответствие составов гранитоидов субщелочным магматическим сериям и эталонному Li-, Ta-, Nb-, Sn-тренду рудогенных гранитоидных формаций (рис. 3) [2].

Для оценки условий формирования гранитоидов, как правило, используются три основных параметра: температура гомогенизации включений, давление и концентрация воды в расплаве. Кроме того, важную информацию несут дополнительные параметры – концентрация солей и хлора во флюиде, объём и плотность флюида и т.д. Температура кристаллизации кварца и

наложенных процессов определяется по моменту гомогенизации соответственно расплавных и газовой-жидких включений, а давление – по давлению воды в системе расплав–включение. Наличие расплавных включений свидетельствует о первично-магматической природе гранитоидов Барангуловского массива. Вместе с тем, анализ результатов изучения газовой-жидких включений показывает, что граниты подверглись автометасоматическим изменениям, которые зафиксированы во включениях температурными пиками в 150–170 и 330–350°C.

Для приблизительной оценки глубинности становления гранитов рассматриваемого комплекса составлена диаграмма в координатах  $P-T$  (рис. 4), на которую вместе с уралтаускими кислыми интрузивами для сравнения вынесены гранитоиды Монголо-Охотской зоны известных фаций глубинности [5]. Из диаграммы следует, что точки, характеризующие Барангуловский массив, ложатся в область гипабиссальной фации глубинности и расположены между линиями солидуса систем гранит– $H_2O$  и гранит– $CO_2$ . Давление воды в расплавных включениях, связанное пропорциональной зависимостью с давлением системы в момент кристаллизации расплава, составляет 2,1–5,4 Кбар, температура кристаллизации пород – 830–870°C. Исходя из общепринятых представлений о повышении температуры и понижении давления на верхних уровнях эрозионного среза интрузий [4], можно сделать вывод о становлении барангуловских гранитоидов на гипабиссальном уровне.

Весьма важные характеристики расплава – флюидонасыщенность и состав флюида, особенно содержание в нём хлора, обеспечивающего экстракцию и перенос многих металлов [5]. На большом фактическом материале по Монголо-Охотской зоне в данной работе определено, что в рудоносных гранитоидах, в частности редкометальных, довольно высоки концентрации хлора, воды и растворённых в ней солей. По этим параметрам граниты Барангуловского массива приближаются к лейкократовым редкометальным гранитам завершающих плутонических серий.

Среди кислых интрузивных пород были выделены нормальные граниты, их лейкократовые слюдизированные (микроклин-кварц-альбитовые) разновидности и альбититы завершающей жильной серии (рис. 5).

Кварцевые диориты распространены достаточно ограниченно. В качестве самостоятельных образований они известны только в западной краевой части массива, где слагают единственное тело линзовидной формы размером ~100 м в поперечнике. В виде небольших тел неясной морфологии кварцевые диориты встречаются непосредственно среди гранитов, но здесь они, по-видимому, не имеют самостоятельного значения.

Нормальные граниты слагают самую большую часть кислой интрузии и в наименее изменённых разностях представлены преимущественно массивными средне- и крупнозернистыми породами светло-серого и зеленовато-серого цвета с хорошо различимыми вкрапленниками полевых шпатов, кварца, мусковита, биотита.

Лейкократовые граниты известны в небольшом объёме среди нормальных гранитов. Обычно развиты в зонах интенсивного расщелачивания и катаклаза. Их характерная особенность – светло-серый до белого цвет, обусловленный высокой концентрацией лейкократовых минералов (полевой шпат (альбит?), кварц, слюда). Структурные соотношения с нормальными гранитами не ясны. Лейкократовые граниты, возможно, являются продуктами динамотермального преобразования нормальных гранитов или поздними дифференциатами гранитной магмы, образующими небольшие куполовидные или дайкообразные тела, претерпевшие постмагматический динамометаморфизм.

Альбититы относятся к породам жильной фазы габбро-гранитного комплекса. Слагают, по-видимому, дайки-апофизы, наследующие зоны скрытых разломов. Два таких дайкообразных тела мощностью ~2 м отмечены в южной части массива вблизи контакта гранитов и габбро-диабазов. Альбититы представляют собой массивные белые мелкозернистые породы, почти полностью состоящие из таблитчатых выделений альбита. Характерная особенность – присутствие вкрапленности магнетита. В этих породах под бинолупой обнаружены мелкие зёрна циркона и бурого минерала, возможно, из группы тантала–ниобия.

Особый интерес представляют лейкократовые граниты, являющиеся поздними дифференциатами гранитной магмы, образующими небольшие куполовидные или дайкообразные тела среди нормальных гранитов. Именно в них ус-

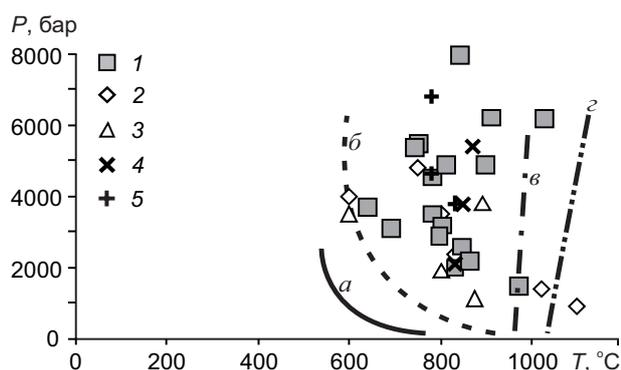


Рис. 4. Вариации температуры кристаллизации и давления флюида для гранитоидов Монголо-Охотской зоны и гранитов барангуловского комплекса:

фации глубинности для гранитоидов Монголо-Охотской зоны: 1 – гипабиссальная, 2 – гипабиссально-приповерхностная, 3 – поверхностная; граниты: 4 – Барангуловский, 5 – Мазаринский массивы; линии солидуса систем: онгонит–H<sub>2</sub>O (а), гранит–H<sub>2</sub>O (б), гранит–CO<sub>2</sub> (в), «сухого» ликвидуса мусковитового гранита (г)

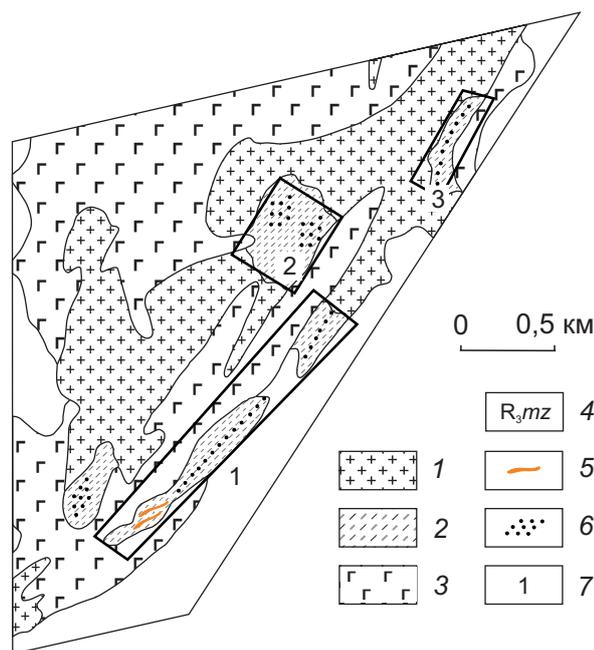


Рис. 5. Геологическое строение Барангуловской площади с выделенными перспективными участками на поиски тантала и ниобия:

1 – граниты; 2 – лейкограниты грейзенизированные катаклазированные, слюдизированные; 3 – габбро-диабазы; 4 – отложения мазаринской свиты (слюдисто-кварцевые сланцы); 5 – альбититы; 6 – зоны расщелачивания; 7 – перспективные участки на Та и Nb

**1. Содержания Ta и Nb в гранитоидах Барангуловского участка, % (пробы анализировались спектрально-количественным методом, ВИМС)**

Номера проб	Содержания элементов		
	Nb	Ta	Y
1/2	0,01	0,011	-
1/4	0,019	0,0095	-
1/4*	0,01	0,0075	-
1/5*	0,01	0,0078	-
1/5	<0,01	<0,005	0,019
1/8	0,017	0,0075	0,012
2/10	0,01	0,01	-
2/6	0,012	0,0075	-
4/3	<0,01	0,0085	-
4/4*	0,005	0,005	0,0013

тановлена комплексная геохимическая специализация на бериллий, фтор, ниобий и олово, что обычно свойственно редкометальным гранитам микроклин-кварц-альбит-мусковитового состава. В этих гранитах минералогическим анализом обнаружены единичные мелкие зёрна колумбита, а спектрально-количественный анализ штучных проб (АСИЦ ВИМСа, г. Москва) показал в десяти образцах содержания Nb 0,005–0,019, Ta 0,005–0,011, Y до 0,019% (табл. 1) [7]. На двух наиболее грейзенизированных участках в пределах южного окончания Барангуловского массива (см. рис. 5) проведены дополнительные работы по изучению Ta-Nb минерализации. Рентгенорадиометрическим методом выполнено 60 анализов штучных проб (ГЕОХИ, г. Москва, аналитик А.Л.Лоренц) (табл. 2). В результате получены весьма обнадеживающие данные. Так, в 20 пробах выявлены содержания Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> >0,008%, что соответствует нижнему пределу бедных

**2. Содержания Ta и Nb в гранитоидах Барангуловского участка, % (пробы анализировались рентгенорадиометрическим методом, ГЕОХИ)**

Номера образцов	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Номера образцов	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Номера образцов	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
68	0,014	-	109	0,003	-	130	0,009	0,004
70	0,003	0,003	110	0,007	0,003	131	0,02	0,034
73	0,002	-	111	-	-	132	0,003	0,003
74	0,004	-	112	0,008	-	133	0,01	0,005
78	-	0,002	113	-	0,002	134	0,007	0,002
79	-	0,006	114	0,011	0,006	135	0,008	0,003
83	0,003	0,001	115	0,004	0,001	136	0,009	0,002
84	0,001	0,001	116	0,004	0,001	137	0,006	0,003
85	-	0,003	117	0,004	0,003	138	0,005	0,001
86	0,007	-	119	0,006	-	139	0,007	0,003
87	0,021	0,001	120a	0,012	0,001	140	0,01	0,002
97	-	-	121	0,006	-	141	0,003	0,002
98	0,001	0,046	122	0,004	0,046	142	0,009	0,003
99	0,001	0,01	123	0,0015	0,01	143	0,01	0,001
101	0,002	0,006	124	0,008	0,006	144	0,0015	-
103	0,004	0,006	125	0,008	0,006	145	0,003	0,001
104	0,003	0,009	126	0,009	0,009	102	-	0,002
106	0,002	0,005	127	0,008	0,005	105	-	0,001
107	-	0,005	128	0,009	0,005	118	0,002	0,001
108	0,001	0,0012	129	0,005	0,003	120б	0,009	0,004

руд на редкоземельных месторождениях. Наибольшие содержания  $Ta_2O_5$  в пробах достигают 0,021,  $Nb_2O_5$  – 0,046%.

Кроме того, в грейзенизированных гранитах взяты три пробы-протоочки массой 5 кг. Они проанализированы спектрально-количественным методом в АСИЦ ВИМСа. Результаты исследований следующие: проба 5068 ( $Ta_2O_5$  0,0016,  $Nb_2O_5$  0,0145%); проба 5069 ( $Ta_2O_5$  0,0027,  $Nb_2O_5$  0,0300%); проба 5070 ( $Ta_2O_5$  0,0026,  $Nb_2O_5$  0,0250%). Таким образом, уже первые предварительные исследования грейзенизированных пород Барангуловского массива позволяют говорить о необходимости продолжения поисковых работ, результатом которых должно стать оконтуривание рудных тел в пределах выделенных перспективных участков.

По аналогии с известными рудно-магматическими системами редкометалльных гранитов [1] дальнейшие поисковые работы в пределах Барангуловского массива должны быть направлены на выявление исключительно малых интрузий, силлов или даек, пространственно расположенных между телами обычных гранитов и вмещающими толщами. В первую очередь следует предпринять поисковые работы на южном окончании массива, где установлены промышленные содержания ниобия и тантала. Для успешного решения этой задачи в условиях весьма слабой обнаженности важно комплексировать несколько методов прогноза, основанных на различных оценочных критериях. Наиболее эффективным здесь может оказаться совместное применение методов минералогическо-геохимической, гамма-шпуровой и шлиховой съёмок в комплексе с различными модификациями морфоструктурного анализа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бескин С.М., Марин Ю.Б., Матиас В.В. Так что же такое «редкометалльный гранит»? // Зап. Всеросс. минер. об-ва. 1999. Ч. СХХVIII. № 6. С. 28–40.
2. Бородин Л.С. Модельная система петрохимических и металлогенических трендов гранитоидов как основа прогноза месторождений Sn, Li, Ta, Nb, W, Mo, Cu / Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 1. С. 3–26.
3. Ковалев С.Г., Сначев В.И. Гипербазитовые массивы Крака (геология, петрология, металлогения). – Уфа: УНЦ РАН, 1998.
4. Коваль П.В. Региональный геохимический анализ гранитоидов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998.
5. Коваль П.В., Прокофьев В.Ю. Р-Т условия кристаллизации гранитоидов Монголо-Охотской зоны по данным исследования расплавных и флюидных включений // Петрология. 1998. Т. 6. № 5. С. 497–511.
6. О возрасте барангуловского габбро-гранитного комплекса Южного Урала / А.А.Краснобаев, В.И.Козлов, В.Н.Пучков и др. // Геологический сборник. 2007. № 6. С. 7–16.
7. Первые находки Ta-Nb минерализации в гранитоидах западного склона Южного Урала / В.И.Сначев, Д.Е.Савельев, А.В.Сначев и др. // ДАН. 2012. Т. 445. № 4. С. 441–444.
8. Платиноносность гипербазитовых массивов Башкирской части зоны Главного Уральского разлома / С.Е.Знаменский, С.Г.Ковалев, В.И.Сначев и др. // Познание, освоение и сбережение недр Республики Башкортостан. 1994. С. 57.
9. Рыкус М.В., Сначев В.И., Бажин Е.А. Анорогенные граниты западного склона Южного Урала: состав, петрогенезис, минералогия // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 5. С. 282–301.

Владимир Иванович Сначёв,  
доктор геолого-минералогических наук  
SAVant@inbox.ru

#### GRANITE PROSPECTS OF BARANGULOV MASSIF FOR TANTALUM-NIOBIUM MINERALIZATION, URALTAU ZONE

V.I.Snachev

*This article briefly reviewed the geological structure of Barangulov gabbro-granite massif, petrography and mineralogy of the rocks composing it. The physical-chemical crystallization conditions of granites, their tantalum and niobium content was studied. It is shown that the greatest prospects for the rare metal elements exist in leucocratic greisenized granite, aplite dikes and albitites located in the eastern endocontact zone of Barangulov array. The article suggests specific methods for further prospecting.*

*Key words: Barangulov massif, tantalum, niobium, rare-metal mineralization, granite, greisenization, Uraltau zone.*