

## ZR/Hf ОТНОШЕНИЕ В ГРАНИТАХ КОКЛАНОВСКОГО МАССИВА КАК КРИТЕРИЙ W-МО-РУДОНОСНОСТИ

А.В. Морозова

Коклановский гранитный массив с редкометальной рудоносностью расположен в Улугушском поднятии Зауральского мегаблока, представляющего собой зону сопряжения Восточно-Уральского прогиба с Зауральским поднятием (Урала с Казахстаном). Граниты этого массива являются самыми молодыми магматическими образованиями на данной территории. Массив образован в позднепермское время, пространственно и генетически связан с крупными плутонами глубинных гранитов, надстраивающих андезитовидные тоналит-гранодиоритовые, гранодиоритовые и монцодиорит-гранитные серии. В Улугушском поднятии Зауральского мегаблока наблюдается большое количество интрузивных массивов преимущественно гранитоидного состава (рис. 1). Коллизионный гранитоидный магматизм в поднятии начинается со становления массивов улугушского гранодиорит-гранитного комплекса. Возраст пород комплекса по данным калий-аргонового метода – 315 млн лет [Зонов, Крылов, 1974]. Среднекаменноугольные интрузии поднятия представлены ухановским монцодиорит-гранитным комплексом. В раннепермское время формируются массивы красногвардейского комплекса, сложенные водными коллизионными гранитами (292 млн лет). Возраст гранитов определен калий-аргоновым методом [Малютин и др., 1977]. Коклановский и сходный с ним по петролого-геохимическим характеристикам Лобановский гранитные массивы формируются в позднепермское время и завершают своим образованием интрузивный магматизм приуральной части Зауралья (см. рис. 1). Вещающими породами массивов являются нерасчлененные метаморфические сланцы, условно отнесенные к алексеевской свите среднего рифея [Пумпянский и др., 2003]. С гранитами Коклановского массива связано одноименное вольфрам-молибденовое рудопоявление в виде прожилковой гидротермальной минерализации.

По петрографическим особенностям граниты Коклановского массива это – лейкократовые двуполевошпатовые среднезернистые породы с магнетитом. В их составе: плагиоклаз  $Ап_{14}$ , ортоклаз-пертит, кварц, редко биотит, отдельные чешуйки мусковита-фенгита [Морозова,

Воронина, 2006], магнетит. Акцессорные минералы представлены единичными зернами апатита, циркона, флюорита.

Изучение химического состава породообразующих минералов из гранитов Коклановского массива выявило первичный высокотемпературный характер калишпата, высокую магнетиальность биотита, что указывает на гип- и мезоабиссальные условия образования. Об этом же свидетельствует расчетное давление воды при кристаллизации гранитной магмы, определенное по методике Г.Б. Ферштатера [Ферштатер, 1987]. Среднее количество нормативного кварца для гранитов Коклановского массива составляет 32 %, средняя величина  $Ап/Аб+Ог+Ап$  равна 0,06 %, то есть, генерация гранитной магмы Коклановского массива соответствует  $P_{H_2O}=3$  кбар. Присутствие в гранитах фенгита в ассоциации с флюоритом свидетельствует о грейзенизации коклановских гранитов, на заключительной стадии которой и сформировалось вольфрам-молибденовое оруденение.

Ранее было показано [Тихоненков, 1964], что в ряду генетически связанных серий гранитоидов наблюдается понижение  $Zr/Hf$  к наиболее поздним фазам формирования, т. е. в ходе магматической эволюции гранитной магмы происходит относительное обогащение остаточных расплавов Hf. Позднее, на представительном материале Г.Б. Ферштатером с соавторами были проанализированы  $Zr$  и  $Hf$  в уральских магматитах, из чего следовало, что  $Zr/Hf$  отношение породы определяется во многом ее минеральным составом, который в свою очередь зависит от условий магмогенерации. Так, в гранодиоритах  $Zr/Hf$  отношение породы в целом в 2-3 раза выше, чем в роговой обманке, в 4-5 раз выше, чем в сфене; это означает, что  $Zr$  интенсивно уходит в циркон, а  $Hf$  рассеивается в породообразующие минералы по мере кристаллизации [Ферштатер и др., 2002]. С этих позиций интересно рассмотреть распределение  $Zr$  и  $Hf$  в гранитах Коклановского массива, используя диаграмму  $Zr/Hf-SiO_2$  (рис. 2). Эта диаграмма предложена Г.П. Зарайским на основании обобщения представительных трендов дифференциации магмы трех классических

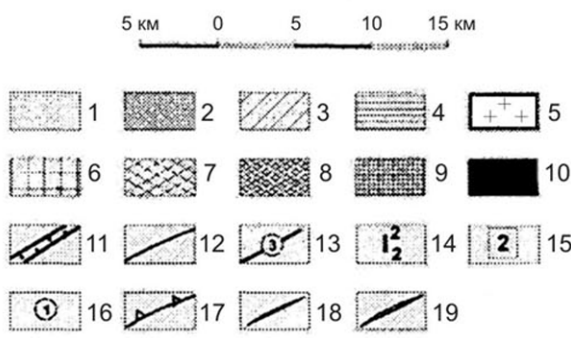
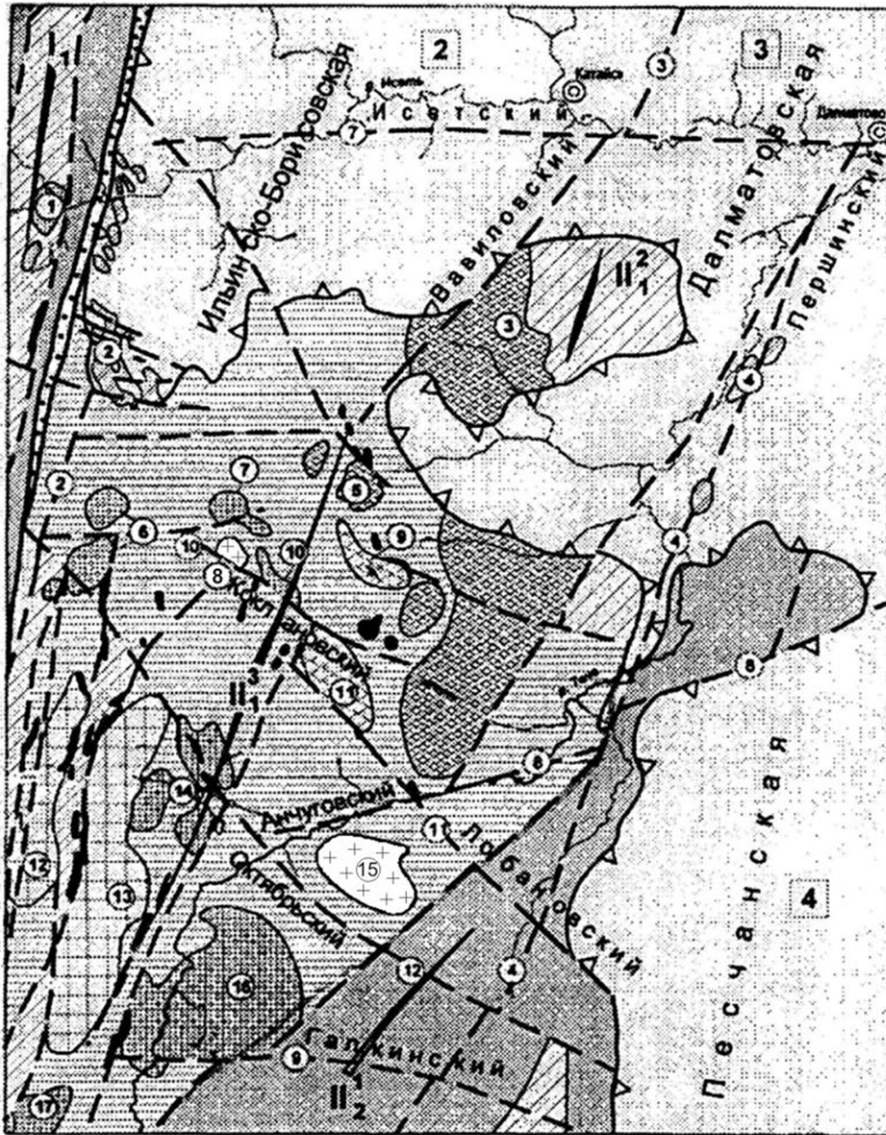


Рис. 1. Тектоническая схема доюрских образований Улугуского поднятия (Пумпянский и др., 2003).

1-4 – структурные ярусы: 1 – триасовый, 2 – верхнедевонско-пермский, 3 – кембрийско-среднедевонский, 4 – верхнепротерозойский; 5-10 – интрузивные комплексы: 5 – лобановский лейкогранитовый, 6 – красногвардейский гранитный, 7 – ухановский умереннощелочной, 8 – улугуский гранодиорит-гранитный, 9 – баклановский габбродиорит-гранодиоритовый, 10 – каргапольский апогарибургитовый; 11 – бичурско-Копейский структурный шов на границе структур I порядка; 12 – граница структур 2 и 3 порядка; 13 – основные разломы (2 – Зырянский, 3 – Баклановско-Вавиловский, 4 – Першинский, 7 – Исетский, 8 – Амчуговский, 9 – Галкинский, 10 – Коклановский, 11 – Лобановский, 12 – Октябрьский); 14 – тектонические структуры фундамента 1-3 порядков: 1 порядка: I – Восточно-Уральский прогиб, II – Зауральское поднятие, 2 порядка: I<sub>1</sub> – Алапаевско-Теченская СФЗ, II<sub>1</sub> – Камышловский антиклинорий, II<sub>2</sub> – Талицкий синклиний,

3 порядка: II<sub>1</sub> – Канашевский горст-антиклинорий, III<sub>1</sub> – Улугуское поднятие, III<sub>2</sub> – Бродокалмакский грабен-синклиний; 15 – нижнемезозойские эрозионно-тектонические депрессии: 2 – Ильинско-Борисовская, 3 – Далматовская, 4 – Песчанская; 16 – интрузивные массивы: 1 – Крайчиковская группа субвулканитов и гипабиссальных интрузий, 2 – Зырянская группа субвулканитов T<sub>1,2</sub>, 3 – Улугуский массив, 4 – Першинская группа субвулканитов кислого состава T<sub>1,2</sub>, 5 – Косулинский, 6 – Малококлановские (6 – северный и южный, 7 – Симоновский, 8 – Коклановский, 9 – Ильинский, 10 – Соколовский, 11 – Западно-Баташский, 12 – Абаткульский, 13 – Сугоятский, 14 – Петропавловский, 15 – Лобановский, 16 – Баклановский, 17 – Бродокалмакский); 17 – граница нижнемезозойских депрессий; 18 – оси антиклинальных структур; 19 – оси синклинальных структур.



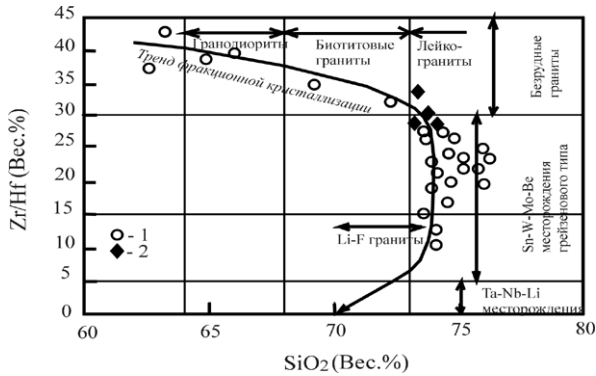


Рис. 2. Диаграмма Zr/Hf-SiO<sub>2</sub> для рудосных гранитов.

1 – тренд дифференциации гранит-лейкогранитной формации акчатауского комплекса [Зарайский, 2005]; 2 – фигуративные точки гранитов Коклановского массива.

Zr и Hf для гранитов Коклановского массива определены методом ISP-MS.

редкометалльных регионов с различным типом рудной минерализации: Восточное Забайкалье (Ta-Nb), Центральный Казахстан (W-Mo) и Рудные Горы (Sn-W). На диаграмме показано, что гранодиориты и граниты, имеющие высокое Zr/Hf отношение от 40 до 30, неперспективны на редкометалльное оруденение. С лейкогранитами и литий-фтористыми гранитами, у которых Zr/Hf индекс лежит в диапазоне от 30 до 10, могут быть связаны грейзеновые месторождения W, Mo, Sn, Bi, Be. В то же время для образования альбититовых месторождений тантала (Ta-Nb-Li) необходима наиболее глубокая дифференциация магмы, которой отвечают конечные производные литий-фтористых гранитов, имеющие величину Zr/Hf индекса около 5 и ниже [Зарайский, 2005].

На диаграмме Zr/Hf-SiO<sub>2</sub> коклановские граниты попадают в поле Sn-W-Mo-Be месторождений грейзенового типа (см. рис. 2). Фигуративные точки Zr/Hf отношений для гранитов Коклановского массива располагаются в интервале 27-36 на тренде магматической дифференциации диаграммы Zr/Hf-SiO<sub>2</sub>. В свою очередь, максимальные концентрации W в гранитах акчатауского комплекса и образование Mo-W грейзеновых месторождений отвечают уровню наиболее кремнекислых лейкогранитов, имеющих Zr/Hf индекс от 30 до 20. Из диаграммы Zr/Hf-SiO<sub>2</sub> видно, что по мере дифференциации гранитов величина Zr/Hf отношения в них понижается. Величина валового содержания Zr/Hf в гранитах Коклановского массива

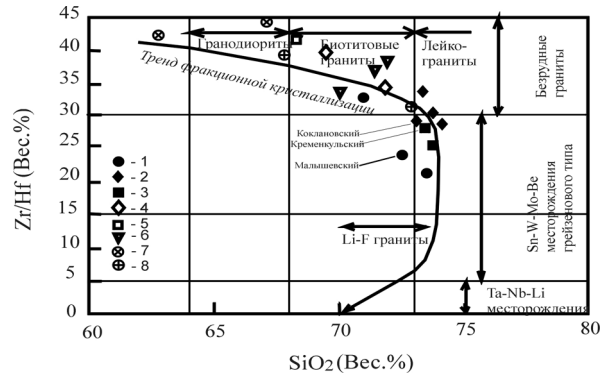


Рис. 3. Диаграмма Zr/Hf-SiO<sub>2</sub> для различных гранитов Урала.

Фигуративные точки для гранитов: 1 – Малышевского массива, 2 – Коклановского массива, 3 – Кременкульского массива, 4 – Джабыкского массива, 5 – Челябинского массива, 6 – Верхисетского массива, 7 – Чернореченского массива, 8 – Сыростанского массива.

Данные для массивов (4-8) взяты из работ [Ферштатер и др., 2002], [Bea et al., 2002].

отражает значительную степень дифференциации гранитного расплава. О сходстве гранитов Коклановского массива с гранитами акчатауского комплекса в Центральном Казахстане, продуктивных на грейзеновые W-Mo месторождения, помимо изложенных геохимических данных также свидетельствуют рассмотренные выше геологическая позиция, вещественный состав, гип- и мезоабиссальные условия образования и металлогеническая специализация гранитов Коклановского массива.

Интересная картина получается при расположении фигуративных точек Zr/Hf отношений других уральских гранитоидных массивов на диаграмме Zr/Hf-SiO<sub>2</sub> (рис. 3).

У продуктивных на редкометалльное оруденение гранитов Урала Малышевского и Кременкульского массивов Zr/Hf индекс лежит в диапазоне от 20 до 30, что соответствует полю гранитов с Sn-W-Mo-Be оруденением, тогда как фигуративные точки глубинных гранитов Челябинского, Верхисетского и других уральских массивов попадают в поля безрудных биотитовых гранитов и гранодиоритов, которые имеют отношение Zr/Hf от 30 до 42. На этом рисунке видно, что по используемым геохимическим параметрам граниты Малышевского, Кременкульского, Коклановского массивов отвечают наиболее дифференцированным производным гранитных магм в сравнении с крупными батолитами Урала.

*Список литературы*

*Зарайский Г.П.* Проблема образования месторождений тантала в куполах литий-фтористых гранитов с учетом экспериментальных данных // Прикладная геохимия. Выпуск 7. Минералогия, геохимия и генетические типы месторождений. Кн. 2. Генетические типы месторождений. Сб. науч. ст. М.: ИМГРЭ, 2005. С. 144-161.

*Зонов В.С., Крылов Р.А.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Зауральская. Лист 0-41-XXXIII. 1974. 114 с.

*Малютин Н.Б., Смирнов Е.П., Дегтева М.Н.* Геологическое строение складчатого фундамента в Среднем Зауралье. М.: Недра, 1977. 222 с.

*Морозова А.В., Воронина Л.К.* О составе породообразующих минералов из Коклановского массива редкометальных гранитов // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 172-174.

*Пумпянский А.М., Горбачев Ю.Н., Тараканов Ф.Ф.* Геологическое строение и металлогения Улугушского блокового поднятия Зауральского мегантиклинория. Уральский геологический журнал. № 3. 2003. С. 45-72.

*Тихоненков И.П.* Цирконий. Гафний // Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. М.: Наука, 1964. С. 284-341.

*Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А., Бородин Н.С.* Отношение Zr/Hf в Уральских магматитах и минералах из них // Ежегодник-2001. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 262-266.

*Ферштатер Г.Б.* Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука, 1987. 232 с.

*Bea F., Fershtater G.B., Montero P.* Granitoids of the Uralides Implications for the Evolution of the Orogen // Mountain Building in the Uralides: Pangea to the Present Geophysical Monograph. 132. Copyright by the American Geophysical Union. 2002. P. 211-232.