

ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНИТОВ-РАПАКИВИ И АССОЦИИРУЮЩИХ ПОРОД БЕРДЯУШСКОГО ПЛУТОНА (ТЕКТОНОМАГМАТИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И ТИПОЛОГИЯ)

Ю.Л. Ронкин, О.П. Лепихина, О.Ю. Попова

Введение. После опубликования А.Н. Заварицким 67 лет назад совершенно изумительной как по содержанию, так и объему работы «Петрография Бердяушского плутона» [1937], целый ряд исследователей [Овчинников и др., 1960, 1964; Гаррис, 1964, 1973; Дунаев и др., 1966, 1972; Краснобаев, 1966; Краснобаев и др., 1986; Тугаринов и др., 1970; Салоп и Мурина, 1970; Левин, 1974; Еськова, 1974; Левковский, 1975; Тимесков, 1979, 1982; Тимесков и др.,

1981; Великославинский и др., 1981; Алексеев, 1984; Belyaev, 1991; Belyaev et al., 1994, 1995, 1996; Бородин, 1997, 1997А; Бородин и др., 1989, 1992; Shebanov et. al., 1994; Шебанова, 1996], в том числе и авторы данного сообщения [Краснобаев и др., 1981, 1984; Ронкин и др., 1995, 1997, 1997а, 1997б, 1997в, 1997г, 1998, 1989, 2003, 2003а, 2004; Ronkin et al., 1995, 1996, 1996а, 1996б, 1996в, 1996г; Y.Ronkin et al., 1997, 1997а, 2001; Yuri Ronkin et al., 1997; Sindern et

al., 2003; Koroteev et al., 1997] занимались изучением этого объекта. Во многих отмеченных выше работах фигурируют в разном объеме представленные данные по петрогенным окислам и ограниченная информация по выборочным редким REE гранитов-рапакиви и ассоциирующих пород Бердяшского плутона. База же данных по элементам-примесям, удовлетворяющая современным метрологическим требованиям, либо отсутствует, либо представлена довольно скудно. В предлагаемой работе приводятся новые, экспериментально полученные на современном уровне данные по геохимии малых элементов 53 образцов, на основании анализа поведения эмпирических зависимостей которых производится оценка тектоно-магматической позиции и типологии изученного объекта.

Геологическая позиция плутона. Бердяшский массив гранитов-рапакиви и ассоциирующие с ним породы находятся на западном склоне Южного Урала, в зоне Центрально-Уральского поднятия. Массив закартирован в плане овальным телом (площадью около 35 км²), вытянутым в северо-восточном направлении и имеющим, в соответствии с представлениями А.Н. Заварицкого [Заварицкий, 1937], выраженное концентрически-зональное очертание. Массив имеет исключительно сложное строение, известное упрощение которого позволяет выделить несколько зон. Периферийная часть массива характеризуется развитием гранитов и граносиенитов, сменяющихся по направлению к центру сиено-диоритами и различными сиенитами (бескварцевыми и кварцевыми). В центральной части массива, наряду с сиенитами, распространены щелочные и нефелиновые сиениты, образующие дайки и жильные тела. Кроме того, в пределах объекта наблюдаются относительно мелкие меланократовые образования (автолиты, ксенолиты), а также отдельные выходы габбро и габбро-диабазов. Преимущественным распространением в массиве пользуются розовые и серые граниты-рапакиви и различные сиениты, постепенно переходящие в граниты через промежуточные по составу разности пород – граносиениты и кварцевые сиениты.

Образцы. В настоящем изложении анализировались образцы 4 габбро, 23 гранитов-рапакиви, 13 кварцевых сиенит-диоритов, 2 сиенит-диоритов и 9 нефелиновых сиенитов (всего 53 пробы), отобранные авторами в результа-

те полевых работ 1994-2004 гг.

Аналитика. Содержания анализируемых элементов в отобранных образцах (всего 57 элементов: Li, Be, B, Na, Mg, Al, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Tl, Pb, Bi, Th, U) определялись методом ICP-MS с предварительным кислотным разложением. Пробы горных пород (в виде тщательно перетертой пудры) весом около 50 мг помещались в тefлоновые капсулы, армированные оболочкой из нержавеющей стали, и разлагались под давлением смесью плавиковой и азотной кислот (соотношение 5:1) при температуре до 180°C до полного разложения. Далее исследуемое вещество переводилось в раствор 5% азотной кислоты с коэффициентом разбавления исходной пробы около 10³. Все работы по кислотному разложению изученных проб проводились в специальном стерильном производственном помещении с поддержанием избыточного давления очищенного воздуха [Ронкин и др., 2000]. Окончательный анализ проводился с помощью высокочувствительного масс-спектрометра высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой (Thermo Finnigan MAT HR/ICP-MS Element2), предназначенного для элементного анализа и изотопного скрининга. В качестве внутреннего стандарта использовался родий (Rh). Внешний метрологический контроль осуществлялся путем анализа стандарта BCR-2 Геологической Службы США [Wilson, 1997], кислотное разложение которого производилось в условиях аналогичных химической подготовке исследуемых образцов. Внешний стандарт измерялся последовательно через каждые 5-10 проб с целью учета флуктуационных изменений характеристик прибора (таких как чувствительность, изменение функции зависимости чувствительности от массы и т.д.) во времени. 2s-погрешность произведенного анализа определялась величиной концентрации конкретного элемента и составляла от 3 до 20 отн. % (для очень низких, на уровне предела обнаружения для данного прибора, содержаний).

Результаты анализа содержаний петрогенных окислов и элементов-примесей представлены на рисунках 1-5, отображающих эмпирические зависимости в соответствующих координатах. Диапазон вариаций содержания SiO₂ в изученных разностях составляет 44-78 вес. % (рис. 1). Средние значения концентраций крем-

ГЕОХИМИЯ

Медианы концентраций элементов примесей в породах Бердяушского массива

Породы	габбро	сиенит-диориты	кв.сиенит-диориты	грано-сиениты	граниты	нефелиновые сиениты
К-во проб	4	2	13	1	23	9
Li	19,0	6,86	3,56	22,3	18,7	31,2
Be	1,14	2,47	2,77	5,38	3,28	4,62
Sc	31,7	14,8	6,71	0,52	1,49	0,79
V	404	231	55,0	7,06	8,44	8,09
Cr	134	13,3	21,9	43,8	126,1	71,2
Co	49,3	32,3	12,4	2,08	1,86	4,99
Ni	76,2	8,11	5,56	20,1	5,72	4,38
Cu	71,5	19,5	11,3	5,73	2,44	7,10
Zn	112	121	85,2	39,2	33,9	102
Ga	21,8	23,3	28,4	31,8	28,6	27,1
Rb	28,8	82,5	92,0	191	175	142
Sr	448	375	264	40,5	67,8	452
Y	21,0	49,2	53,5	48,9	60,8	18,8
Zr	127	201	244	251	225	447
Nb	18,8	39,7	37,6	49,1	38,2	41,0
Mo	0,33	1,78	1,64	4,77	0,85	0,98
Cs	0,17	0,32	0,48	1,35	1,31	0,79
Ba	403	704	1037	382	534	1176
La	18,8	69,0	87,4	77,5	121,3	66,6
Ce	43,6	159	193	229	309	123
Pr	5,70	18,1	20,6	17,8	27,2	11,2
Nd	24,8	69,1	82,3	63,0	99,4	34,7
Sm	5,55	13,4	16,3	11,6	18,4	5,15
Eu	1,71	1,76	2,47	0,69	1,15	1,37
Gd	5,01	11,2	13,2	9,53	15,1	3,98
Tb	0,74	1,66	1,88	1,46	2,22	0,60
Dy	4,19	9,17	10,2	8,21	11,8	3,10
Ho	0,75	1,73	1,99	1,64	2,25	0,61
Er	1,90	4,52	4,98	4,40	5,80	1,78
Tm	0,25	0,64	0,68	0,65	0,82	0,28
Yb	1,55	3,81	3,90	4,03	5,12	1,88
Lu	0,22	0,54	0,56	0,58	0,74	0,31
Hf	3,51	5,67	6,84	8,25	7,86	8,44
Ta	1,06	2,25	1,82	2,43	1,75	2,72
W	0,41	0,80	0,82	2,12	0,99	0,35
Tl	0,12	0,33	0,39	1,96	1,08	0,50
Pb	4,67	19,7	23,9	27,9	37,7	17,5
Bi	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,04
Th	2,54	17,4	11,8	34,5	35,0	12,5
U	0,44	1,21	1,03	3,09	2,99	1,74
Сумма REE	115	363	439	430	620	255
(La/Yb) _N ^a	8,20	12,20	15,10	12,96	15,98	23,92
(Sm/Eu) _N ^a	1,22	2,88	2,49	6,35	6,04	1,42

Примечание:

a) значения для нормализации; La=0.31, Yb=0.209, Sm=0.195, Eu=0.0735 (Boynnton, 1984)

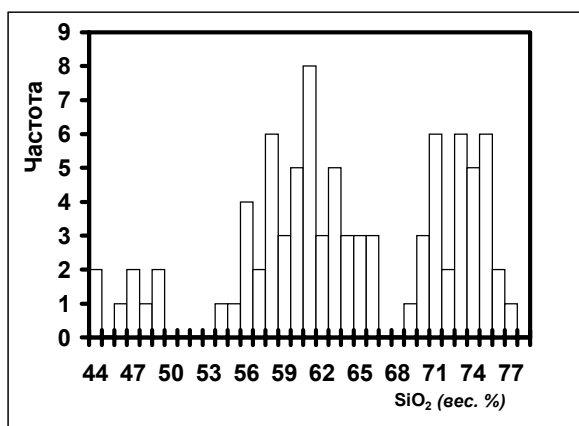


Рис. 1. Гистограмма распределения SiO_2 в изученных разностях пород Бердяушского массива.

незема по имеющейся совокупности определяются значениями 46.31%, 56.25%, 57.61%, 61.23%, 70.04%, 73.04% для габбро, сиенит-диоритов, нефелиновых сиенитов, кварцевых сиенит-диоритов, граносиенитов и гранитов соответственно. По основным геохимическим

параметрам сиенит-диориты, нефелиновые сиениты, кварцевые сиенит-диориты, граносиениты и граниты характеризуются значимыми и относительно выдержанными значениями отношений $\text{FeO}^*/(\text{FeO}^*+\text{MgO})$ (рис. 2а); высокими значениями содержаний щелочей (размах суммы концентраций $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 6-14), причем граниты-рапакиви соответствуют субщелочной, а нефелиновые сиениты – щелочной областям (рис. 2б). В координатах: NK/A изученные образцы тяготеют к субщелочному полю (молекулярные отношения $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ меньше единицы, рис. 2с); параметр A/CNK варьируют в диапазоне 0.7-1.2 (рис. 2с).

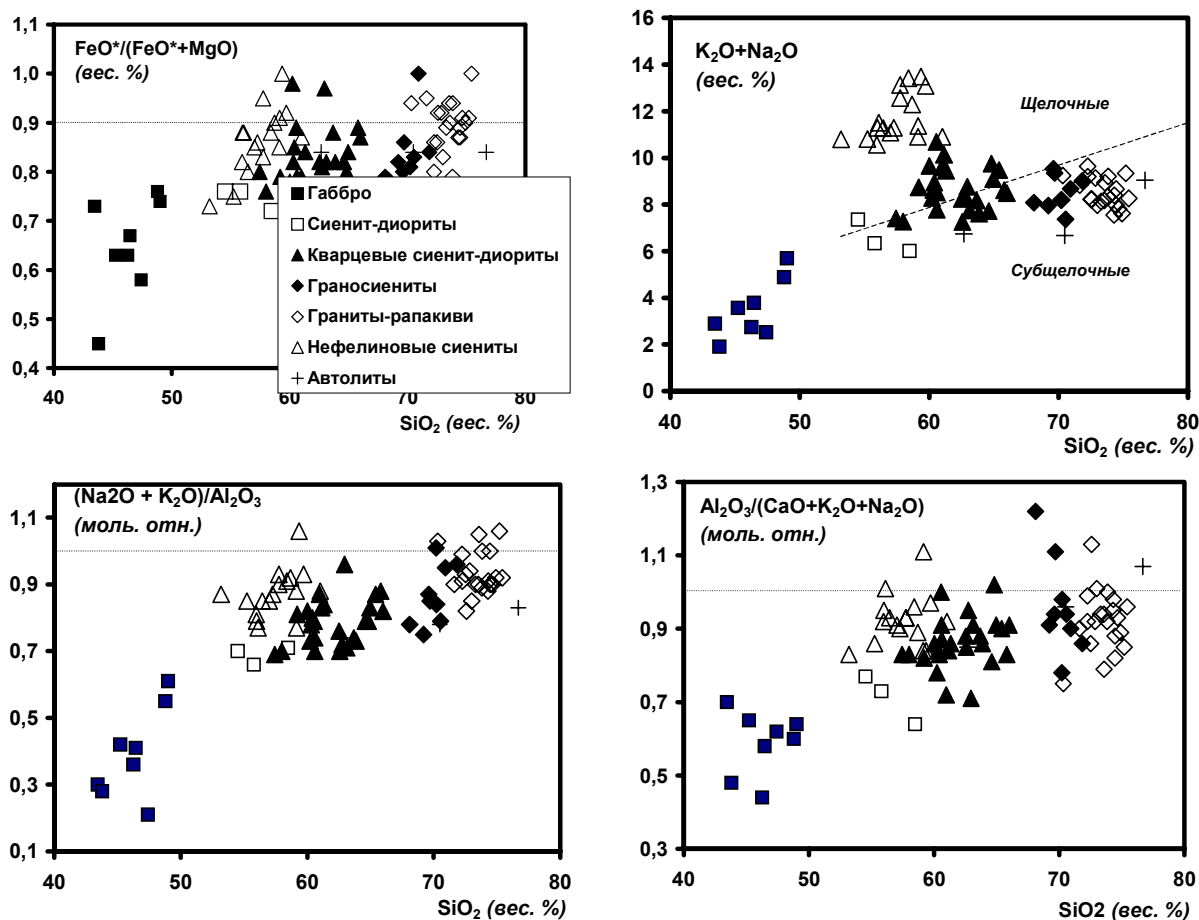


Рис. 2. Экспериментальнополученные данные по породам Бердяушского массива в координатах (а) $\text{FeO}^*/(\text{FeO}^*+\text{MgO}) - \text{SiO}_2$; (б) $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$; (в) $\text{NK}/\text{A} - \text{SiO}_2$; (г) $\text{A}/\text{CNK} - \text{SiO}_2$. Граница между щелочными и субщелочными областями по [Irvine & Baragar, 1971].

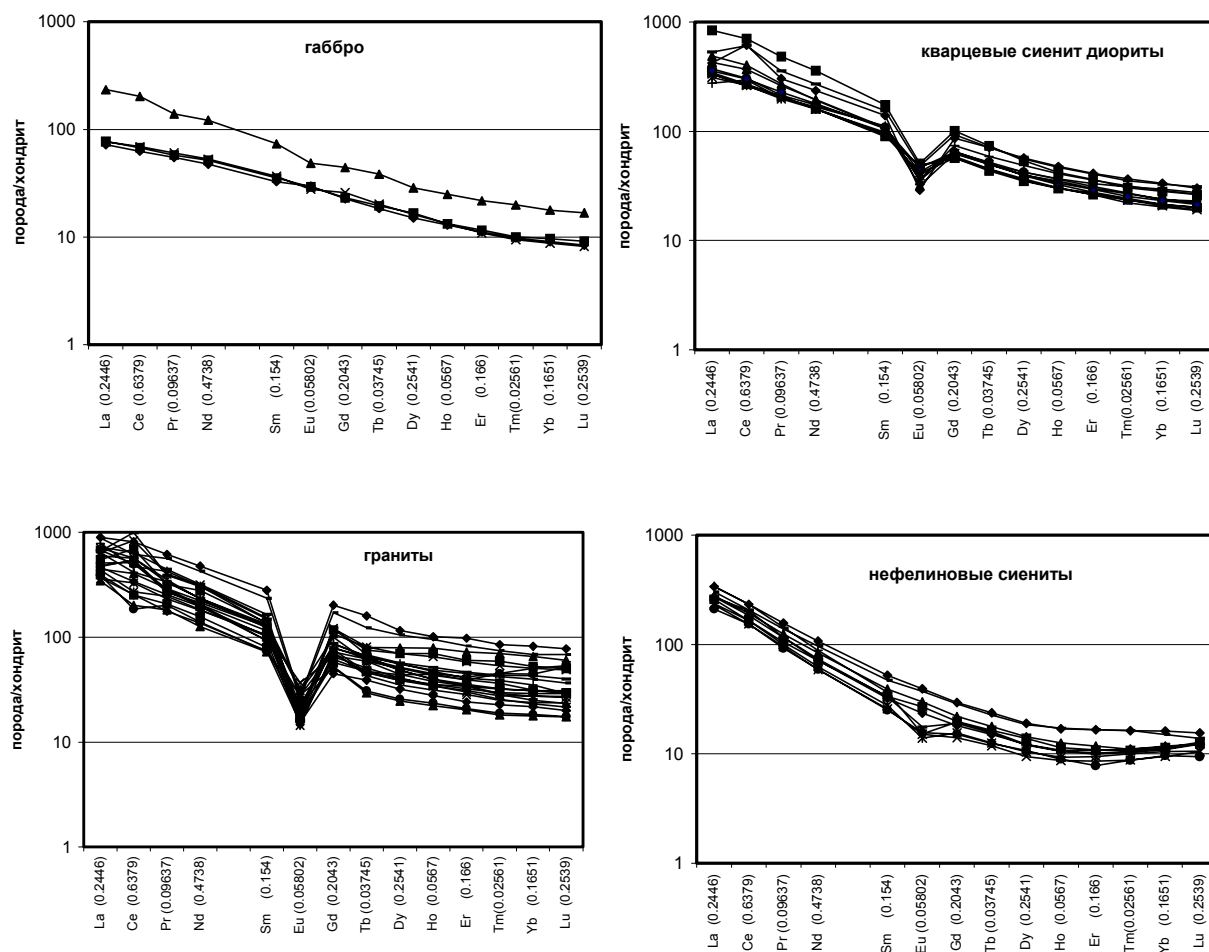


Рис. 3. Спектры редкоземельных элементов нормированных по хондритовому составу [Evenson et al., 1978] в породах Бердяшского массива.

Значения медиан концентраций элементов-примесей для изученных пород приведены в таблице. Спектры редкоземельных элементов, нормированных по хондритовому составу [Evenson et al., 1978], представлены на рис. 3. Все представленные спектры характеризуются обогащением LREE (значения медиан $[La/Yb]_N$ от 8.2 для габбро, до 23.92 для нефелиновых сиенитов). Распределения REE граносиенитов и гранитов демонстрируют отчетливые Eu аномалии (значения медиан $[Sm/Eu]_N$ около 6). Сравнение спектров редкоземельных элементов, нормированных по хондритовому составу гранитов рапакиви Бердяшского плутона, с аналогичными породами классического разреза рапакиви Фенноскандии позволяет отметить их идентичность [Ронкин и др., 1997в, 1997г].

Рассмотрение эмпирических взаимоотно-

шений элементов примесей в рамках известных дискриминационных диаграмм $SiO_2 - Nb$, $Y - Nb$, $SiO_2 - Rb$, $Y+Nb - Rb$ (рис. 4) дает возможность идентифицировать геодинамическую позицию [Pearce et al., 1984] формирования гранитов-рапакиви и ассоциирующих пород Бердяшского плутона. На всех указанных четырех диаграммах изученные разности локализуются в областях соответствующих внутриплитному (within plate) магматизму. Особенно ясно это соответствие отражается в координатах $Y+Nb - Rb$.

Для выяснения типологии гранитов-рапакиви и ассоциирующих пород Бердяшского плутона были рассмотрены эмпирические зависимости отношений Ga/Al (ось абсцисс) и таких крупноразмерных литофильных элементов, как Y , Ct , Nb и Zr (ось ординат). Рис. 5 демонст-

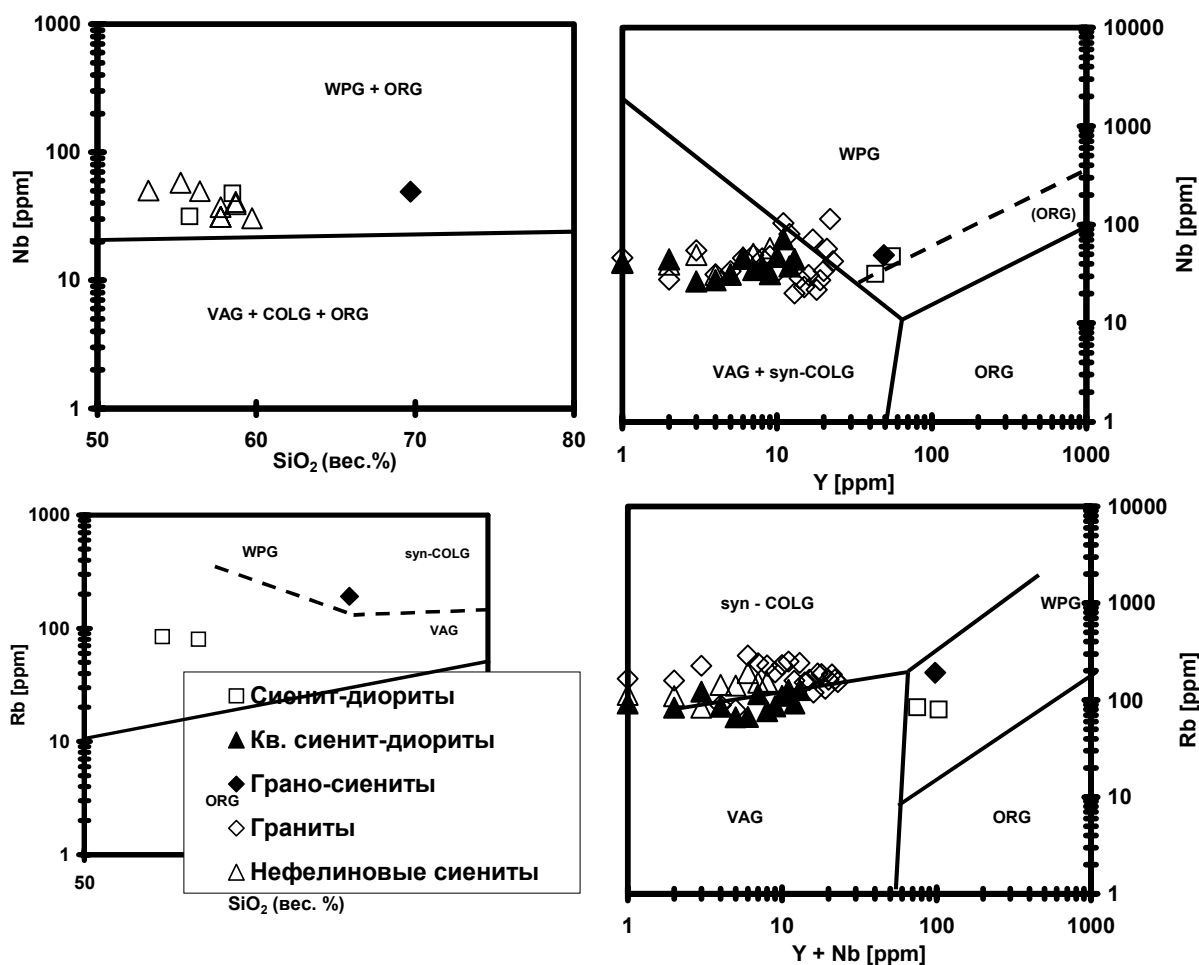


Рис. 4. Дискриминационные диаграммы [Pearce et al., 1984] для пород Бердяушского массива.

Аббревиатура: OceanRidgeGranites-граниты океанических хребтов, VolcanicArcGranites-граниты вулканических дуг, WithinPlateGranites – внутриплитные граниты, COLLisionGranites-коллизийные граниты. На диаграммах в координатах Y – Nb, SiO₂ – Rb пунктирная линия является границей ORG для аномальных рифтов.

рирует графики в координатах Ga/Al-(K₂O+Na₂O)/CaO, Ga/Al-FeO*/MgO, Ga/Al-(Na₂O+K₂O)/Al₂O₃, Ga/Al-Zr, Ga/Al-Nb, Ga/Al-Ce, Ga/Al-Y, Ga/Al-Zn. В соответствии с имеющимися представлениями [Whalen et al., 1987], все диаграммы позволяют четко отнести изученные разности к А-гранитам (Alkaline, Anorogenic, Anhydrous) и дифференцировать их от М (derived by fractional of Mantle-derived magma), I (melting of Igneous protoliths), S (melting of Sedimentary protoliths) типов соответственно.

Выводы. Резюмируя рассмотренные выше закономерности поведения главных петрогенных окислов и элементов-примесей изученных разновидностей пород Бердяушского

массива можно сделать главный вывод о том, что граниты-рапакиви и ассоциирующие с ними породы (сиенит-диориты, кварцевые сиенит-диориты, граносиениты, нефелиновые сиениты) Бердяушского массива являются анорогенными и формировались в геодинамических условиях, соответствующих внутриплитному магматизму.

Список литературы

- Алексеев А.А. Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М.: Наука, 1984. 136 с.
- Бородин Л.С. Рапакиви Бердяушского массива, Южный Урал: петрология и распределение редкоземельных элементов // Петрология. 1997. Том 5. № 3. С. 278-290.

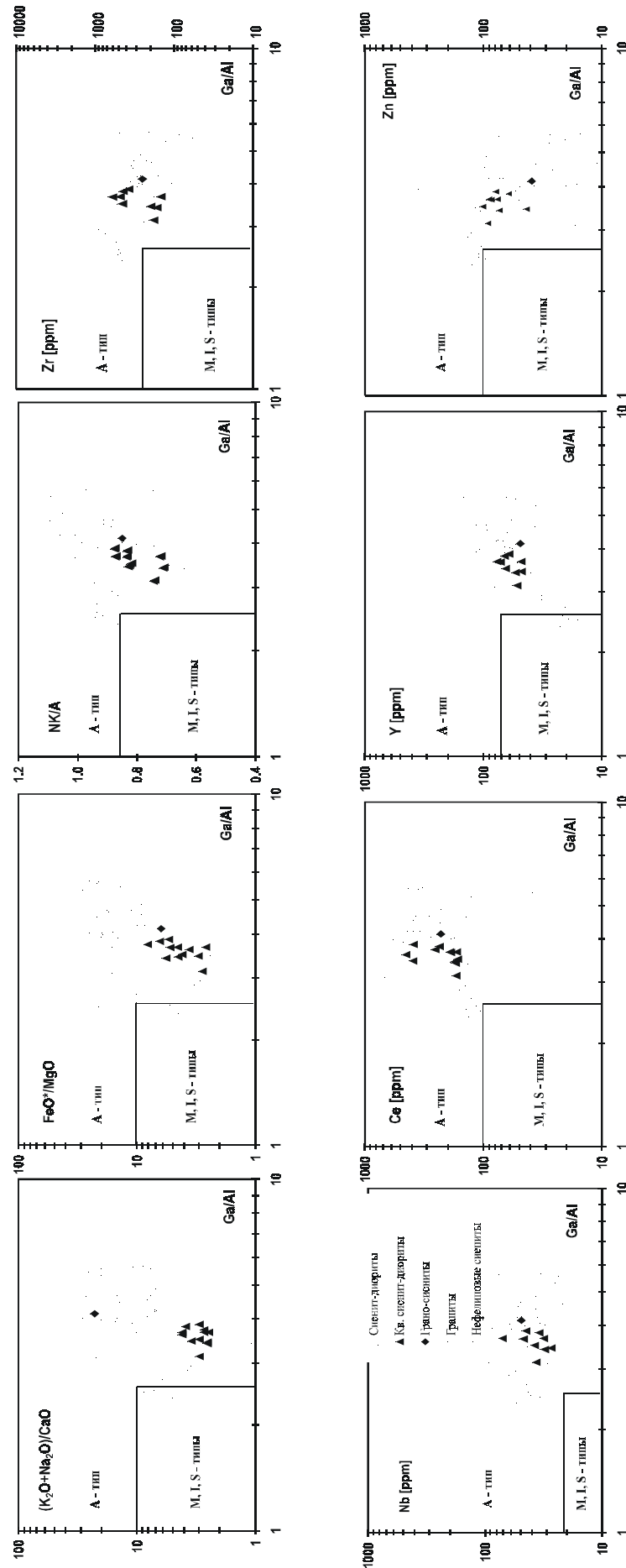


Рис. 5. Дискриминационные диаграммы [Whalen et al., 1987] для пород Бердюжского массива. Типы гранитов: А-граниты (Alkaline, Anorogenic, Anhydrous), М (derived by fractional of Mantle-derived magma), I (melting of Igneous protoliths), S (melting of Sedimentary protoliths): [Collins et al, 1982; Loiselle et al, 1979; Chappell & White, 1974; White, 1979], соответственно.

- Бородин Л.С.* Распределение редкоземельных элементов в рапакиви Бердяушского массива, Южный Урал // *Геохимия*. 1997а. № 1. С. 3-9.
- Бородин Л.С., Дзянхуа Ю., Сянлин Цян.* Петрохимия и вопросы генезиса рапакиви-сиенитовых комплексов (Бердяуш, Южный Урал и Мионь, северная часть Северо-Китайской платформы // *Геохимия*. 1992. № 8. С. 1160-1171.
- Бородин Л.С., Тесленко Г.С.* Петрохимические тренды и генетические особенности интрузивных комплексов рапакивиоподобных гранитоидов и сиенитов // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1989. № 10. С. 45-55.
- Великославинский Д. А., Тимесков В. А., Великославинский С. Д.* Сопоставление овоидных рапакиви Бердяушского плутона и плутонов формации анортозитов – рапакиви // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1981. № 10. С. 19-30.
- Гаррис М.А.* Геохронологическая шкала Урала и основные этапы его развития в докембрии и палеозое (по данным калий-аргонового метода) // *МГК, XXII сессия. Докл. сов. геол. Проблема 3.* М.: Наука, 1964. С. 128-156.
- Гаррис М.А., Постников Д.В.* Докембрийский чехол Русской платформы. Восточные районы // *Геохронология СССР. Т. I.* М.: Недра, 1973.
- Дунаев В. А., Дурнева Н. Н.* О возрасте пород из района Кусинско-Копанской основной интрузии на Урале по данным рубидий-стронциевого метода // *Абс. датирование тектоно-магматич. циклов и этапов оруденения по данным 1964 г.* М.: Наука, 1966. С. 131-139.
- Дунаев В. А., Панова М. В., Степанов А. И.* К вопросу о возрасте нефелиновых сиенитов Бердяушского плутона // *Вопросы петрологии гранитоидов Урала (Сб. 2. Труды ИГГ УНЦ АН СССР. Вып. 93).* Свердловск, 1972. С. 269-272.
- Еськова Е. М.* Формационные черты нефелин-сиенитовых комплексов Урала и геохимия в них редких элементов // *Проблемы петрологии, геохимии, минералогии щелочных пород.* Свердловск, 1974. С. 59-69.
- Заварицкий А.Н.* Петрография Бердяушского плутона // *Л., М.: ОНТИ, 1937.* 403 с.
- Краснобаев А.А., Бибикова Е.В., Степанов А.И. и др.* Геохронология Бердяушского массива // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1984. № 3. С. 3-23.
- Краснобаев А.А., Ферштатер Г.Б. Степанов А.И. и др.* Петрология и рубидий-стронциевая геохронология Бердяушского массива рапакиви (Южный Урал) // *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, 1981. № 1. С. 21-37.
- Краснобаев А.А., Холоднов А.А., Степанов А.И.* Происхождение пород Бердяушского массива // *Исследования по петрологии и металлогении Урала.* Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 76-84.
- Краснобаев А.А.* Морфологические особенности и альфа-свинцовый возраст цирконов из различных геологических образований Урала // *Абсолютное датирование тектоно-магматических циклов и этапов оруденения по данным 1964 г.* М.: Наука, 1966. С. 140-152.
- Левин В. Я.* Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор // *М.: Наука, 1974.* 222 с.
- Левковский Р. З.* Рапакиви. Л.: Недра, 1975. 223 с.
- Овчинников Л. Н., Гаррис М. А.* Абсолютный возраст геологических образований Урала и Приуралья // *МГК, XXI сессия. Докл. сов. геол. Проблема 3.* М.: Изд-во АН СССР, 1960.
- Овчинников Л. Н., Дунаев В.А., Краснобаев А. А.* Материалы к абсолютной геохронологии Урала // *МГК, XXII сессия. Докл. сов. геол. Проблема 3.* М.: Наука, 1964. С. 157-171.
- Салоп Л.И., Мурина Г.А.* Возраст Бердяушского плутона рапакиви и проблема геохронологических границ нижнего рифея // *Сов. геология.* 1970. № 6.
- Тимесков В. А.* Геолого-петрографическая характеристика Бердяушского плутона и место и время появления гранитов рапакиви // *Магматические комплексы среднего и южного Урала.* Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982.
- Тимесков В. А.* Новые данные по геологии и петрографии Бердяушского Плутона // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1979. № 8. С. 27-36.
- Тимесков В. А., Урасин М. А.* Характеристика химизма пород Бердяушского плутона // *Вопросы петрологии и металлогении Урала.* Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 106-108.
- Тугаринов А.И., Бибикова Е.В., Краснобаев А.А., Макаров В.А.* Геохронология Уральского докембрия // *Геохимия*, 1970. № 4.
- Шебанова О.Н., Беляев А.М., Шебанов А.Д.* Проблема петрогенезиса нефелиновых и кварцевых сиенитов Бердяушского массива (Ю. Урал) // *Закономерности эволюции земной коры.* С. Петербург, 1996. Т. II. С. 192.
- Ронкин Ю.Л., Маслов А.В., Sindern S. и др.* Рb-Rb изотопная систематика пород и «acid leached» полевых шпатов Бердяушского массива // *Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных ассоциаций складчатых областей.* Екатеринбург, 2004. С. 381-383.
- Ронкин Ю.Л.,* Изотопы стронция – индикаторы эволюции магматизма Урала // *Ежегодник-1988 ИГГ.* Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 107-110.
- Ронкин Ю.Л., Nesbitt R.W.* REE геохимия единичных цирконов Бердяушского массива. Южный Урал // *Структура и эволюция минерального мира.* Сыктывкар, 1997. С. 131-132.
- Ронкин Ю.Л., Nesbitt R.W.* Распределение редкоземельных элементов в единичных кристаллах цирконов Бердяушского массива. Южный Урал // *Тезисы VI Уральского петрографического совещания Екатеринбург.* 1997а.
- Ронкин Ю.Л., Nesbitt R.W., Лепихина О.П.* REE геохимия и U-Pb датирование единичных кристал-

лов цирконов гранитов-рапакиви и их родственных пород западного склона Урала // Проблемы региональной геологии, нефтеносности, металлогении и гидрогеологии Республики Башкортостан. Уфа, 1997б. С. 145.

Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. Петрогенезис Бердяшского массива: петрохимические и Sr-Nd-Pb изотопные данные // Тезисы докладов Научной Конференции «Чтения А.Н. Заварицкого». Екатеринбург, 1998. С. 133-135

Ронкин Ю.Л., Rämö O.T., Nesbitt R.W. Граниты-рапакиви Южного Урала и Юго-Восточной Финляндии: сравнение REE характеристик // Тезисы VI Уральского петрографического совещания Екатеринбург, 1997в.

Ронкин Ю.Л., Nesbitt R.W., Лепихина О.П. Сравнительная REE типизация гранитов рапакиви и родственных пород пород батолитов Юго-Восточной Фенноскандии и Бердяшского массива Южного Урала // Гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации. Сыктывкар, 1997. С. 99-101.

Ронкин Ю.Л., Nesbitt R.W., Лепихина О.П. и др. Об изотопном возрасте верхней границы нижнего рифея в свете новых Sm-Nd данных по Бердяшскому плутону // Общие проблемы стратиграфии и геологической истории рифея Северной Евразии. Екатеринбург, 1995. С. 99-100.

Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Попова О.Ю. Метод тонких пластин применительно к проблеме происхождения текстуры рапакиви (на примере Бердяшского массива, Южный Урал): изотопы кислорода, Rb-Sr и Sm-Nd // Материалы II Российской конференции по геохронологии. Санкт-Петербург. 2003. С. 427-428.

Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. К проблеме происхождения текстуры рапакиви (на примере Бердяшского массива, Южный Урал): изотопы кислорода, Rb-Sr и Sm-Nd // II Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург, 2003а. С. 410-411.

Belyaev A., Shebanov A., Smetannikova O., Ermosh N. Structural features of alkali feldspars from rapakivi granites and monzonites of Salmi and Berdiaush batholiths // Anorthosites, Rapakivi Granites and Related Rocks (Abstr. Vol. Joint Meet.IGCP#290-#315); 1994, McGill Univ., Montreal, Canada. P. 2.

Belyaev A.M., Larin A.M., Ovchinnikova G.V. et al. Pb-Nd-Sr isotopic constrains on the origin of the 1.35 Ga anorthosite-rapakivi granite-nepheline syenite Berdiaush massif (South Urals, Russia) // Rapakivi Granites and Related Rocks: Correlation on a Global Scale (Abstr. Vol. IGCP-315 Symp.), 1995, Belem, Brasil. P. 13.

Belyaev A.M., Neymark, L.A., Shebanov A.D., Larin A.M. Age and origin of mafic xenoliths from rapakivi granites of the Berdiaush massif (S. Urals, Russia) (Abstr. Vol. Symp. IGCP-315), Helsinki, Finland, 1996.

Belyaev A.M. Petrogenesis of rapakivi granites and related rocks. Rapakivi granites and related rocks. (Abstr. Vol. Symp. IGCP-315), Helsinki, Finland, 1991. P. 6.

Boynton W.V. Cosmochemistry of the Rare Earth Elements: Meteorite studies // Rare earth element geochemistry, Developments in geochemistry 2 // Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 1984. Tokyo. P. 63-114.

Chappell B.W., & White A.J.R. Two contrasting granite types // Pacific Geology, 1974. 8. P. 173-174.

Collins W.J., Beams S.D., White A.J.R. & Chappell B.W. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia // Contributions to Mineralogy and Petrology, 1982. 80. P. 189-200.

Evensen N.M., Hamilton P.J. and O'Nions R.K. Rare earth abundances in chondritic meteorites // Geochim. Cosmochim. Acta, 1978. 42. P. 1199-1212.

Irvine T.N., & Baragar W.R.A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks // Canadian Journal of Earth Sciences. 1971. 8. P. 523-548.

Koroteev V.A., Ivanov I.S., Echtler H., Ronkin Y.L. Tectonic evolution of the Urals: Complete geodynamic cycle (1,6-0,2 Ga) // Abstract Supplement No 1 Terra Nova Volume 9 of European Union of Geosciences, Strasbourg, France. 1997. P. 118.

Loiselle, M.C. & Wones, D.R. Characteristics and origin of anorogenic granites // Geological Society of America. Abstracts with Programs, 1979. 11. P. 468.

Pearce, J.A., Harris, N.B.W. & Tindle, A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // Journal of Petrology, 1984. 25. P. 956-983.

Ronkin Y.L., Chervjakovsky S.G., Lepikhina O.P. Geochronology and isotopic systematics of acid magmatism of the Urals (Russia) // Abstracts of International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, 1995, IZMIR, TURKEY. P. 47-48.

Ronkin Y.L., Lepikhina O.P. Isotope geology of the Urals (Russia) // 30th-International Geological Congress. Abstracts. Vol. 3. Beijing, China. 1996. P. 88.

Ronkin Y.L., Nesbitt R.W., Lepikhina O.P. Isotope geology of the riphean, ural mountains // Abstracts Volume of «Europrobe» meeting. Granada. Spain. 1996.

Ronkin Y.L., Nesbitt R.W., Lepikhina O.P. Shchulkin V.E. Isotope geology and geochemistry of the BerdYaush rapakivi and related rocks complex (South Urals, Russia) // Symposium «Granite Rapakivi and Related Rocks». Helsinki. Finland. 1996. P. 56.

Ronkin Yu.L., Kravtsov A.V., Nesbitt R.W., Lepikhina O.P. Rb-Sr Isotope systems of Riphean, Vendian and Early-Paleozoic volcanic complexes of Western slope of the Urals // Палеогеография венда - раннего палеозоя Екатеринбург, 1996. P. 191-194.

Ronkin Y. L., Nesbitt R. W., Lepikhina O. P. Isotope age and geochemistry of lower Riphean's granites rapakivi and related rocks. The South Urals,

Russia // Abstracts N 50432 of GSA meeting. Vol. 28. N 7. Denver, USA. 1996.

Sindern S., Ронкин Ю.Л., Kramm U. и др. U-Pb датирование единичных кристаллов цирконов с применением трассера $^{205}\text{Pb}/^{233}\text{U}$: на примере нефелиновых сиенитов Бердяшского массива, Южный Урал // Материалы II Российской конференции по геохронологии. Санкт-Петербург. 2003. С. 461-465.

Shebanov A.D., Belyaev A.M. The model of alkali feldspar ovoids formation for the rapakivi granites from Salmi, Berdiaush and Wiborg batholiths: isotopic, mineralogical and thermobarometrical approach // Anorthosites, Rapakivi Granites and Related Rocks (Abstr. Vol. Joint Meet. IGCP#290-#315). 1994, McGill Univ., Montreal, Canada. P. 10.

Shebanova O.N., Belyaev A.M., Shebanov A.D. On the petrogenesis of alkali syenites in the Berdiaush rapakivi granite massif, S. Urals, Russia. In: Rapakivi Granites and Related Rocks // Abstr. Vol. Symp. IGCP-315, Helsinki, Finland, 1996. P. 66.

Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination, and petrogenesis // Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987. 95. P. 407-419.

White A.J.R. Sources of granitic magmas // Geological Society of America. Abstracts with Programs, 1979. 11. 539 p.

Wilson S.A. The Collection, preparation and testing of USGS reference material BCR-2, Columbia River, Basalt // USGS, Open File report 98-00x. 1997.

Ronkin Y.L. and Lepikhina O.P. Lower Straton of the South Urals Riphean sequence: Rb-Sr and Sm-Nd isotope constrains // Abstracts of International Symposium and Field Workshop on Assembly and Breakup of Rodinia and Gondwana, and Growth of Asia. Osaka, Japan, 2001. P. 256-258.

Ronkin Y.L., Portugal Ferreira M., Lepikhina O.P. Isotope geology of the Urals. Russia: K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd and U-Pb systematics // Abstract Volume of South-American Symposium on Isotope Geology. Sao Paulo, Brazil. 1997. P. 189-203.

Ronkin Y.L., Portugal Ferreira M., Lepikhina O.P. Isotope geology of Precambrian basement of the Urals. Russia // Abstract Volume of 13th International Conference on Basement Tectonics. Blacksburg, Virginia, USA. 1997.

Ronkin Yuri L., Robert W., Nesbitt Yuri D. et al. Petrogenesis of the Riphean rapakivi granites and related rocks of Southern Urals: K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd and U-Pb isotopic systematics and general geochemical constraints // Abstract Supplement No 1 Terra Nova Volume 9 of European Union of Geosciences, Strasbourg, France. 1997. P. 467.