

Результаты локального датирования с предварительным выбором наиболее сохранившихся доменов магматического происхождения в цирконах не позволили выявить время проявления наложенных процессов в цирконах из гранодиоритов, за исключением, вероятно, только раннефанерозойского (ок. 500 млн. лет назад). Цирконы же лейкогранитов изменены гораздо интенсивнее, благодаря чему был получен целый ряд анализов, свидетельствующий о реальности как раннефанерозойских (точки 255-2/1,-3/1,-8/1), так и свекофенских (ок. 1800 млн. лет, точки 255-5/1,-6/1,-6/2) событий. Не исключено и воздействие на U-Pb систему цирконов и события 2600 млн. лет тому назад. Все вторичные процессы перекристаллизации проходили на фоне заметного привноса урана и тория.

Новые SHRIMP-датировки рудоносных гранитов Лобаша и гранодиоритов Шобинского массива оказались на 100 млн лет моложе измеренного ранее возраста. И надо сказать, что они более реалистичны, так как соответствуют отчетливо позднеорогенной позиции этих интрузий, как и других гранитоидных плутонов известково-щелочной серии, образующих протяженный пояс вдоль северо-восточной окраины Карельской гранит-зеленокаменной провинции [1]. Они прорывают как вулканогенно-осадочные толщи лопия, так и гранито-гнейсовые ареалы, сложенные породами синорогенной TTG-ассоциации с возрастом в этом районе не более 2,80 млрд лет [4].

#### Литература

1. *Иваников В.В., Григорьева Л.Ю., Шинкарев Н.Ф. и др.* Позднеархейская рудно-магматическая гранит-молибденовая система в северо-восточной Карелии // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 1995. Вып. 4 (№ 28). С. 35-44.
2. *Иваников В.В., Богачев В.А., Левченков О.А.* Архейский U-Pb цирконовый возраст рудоносной гранитной интрузии на молибденовом месторождении Лобаш (Карелия) // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 2000. Вып. 3 (№ 32) С. 60-64.
3. *Покалов В.Т., Семенова Н.В.* Лобаш – первое крупное молибденовое месторождение докембрийского возраста (Карелия) // Геология рудных месторождений. 1993. № 3.
4. Ранний докембрий Балтийского щита // Отв. ред. В.А. Глебовицкий. СПб.: Наука. 2005. 711 с.

### **Петрохимические особенности породных ассоциаций золотухинского комплекса КМА в связи с оценкой его формационной принадлежности и металлогенической специализацией**

**Бойко П.С.**

Воронежский госуниверситет, г. Воронеж, e-mail: plekhanov.lsk@mail.ru

Воронежский кристаллический массив (ВКМ) характеризуется высокой степенью развития ультрамафит-мафитовых магматизма. В его строении выделяются следующие формационные типы: бесединский перидотит-пироксенит-габбронорит-анортозитовый, сергиевский (железногорский) дунит-перидотитовый, золотухинский (троснянско-мамонский) дунит-перидотит-габброноритовый, мамонский дунит-перидотит-пироксенит-габбронорит-габбровый, еланский ортопироксенит-норит-диоритовый, шукавский габбро-верлитовый и смородинско-новогольский (трапповый) троктолит-габбродолеритовых дифференцированных плутонов [4].

Среди этих комплексов в пределах КМА особый интерес представляют интрузии, относящиеся к золотухинскому комплексу. Изначально комплекс пород габбронорит-гипербазитовой формации относили к очень похожему по ряду параметров мамонскому комплексу юго-востока ВКМ [3] и он носил название троснянско-мамонского. Позже комплекс был выделен как отдельный малоархангельский тип [2] и лишь в последнее время [4] породы формации отнесены к первой (ультрамафитовая часть) и второй (габбронориты) фазам самостоятельного образования – золотухинского комплекса, сформировавшемся на определенном этапе становления ВКМ. Интерес к этому комплексу вызван тем, что он не исследован на предмет его потенциальной рудоносности, формацион-

ной принадлежности, места и роли в эволюции блока КМА. Одним из критериев в решении этих вопросов представляется сравнительный анализ петрогеохимического состава пород комплекса прежде всего с мамонским, который сопровождается промышленными месторождениями [4].

Интрузии золотухинского комплекса КМА приурочены к краевым частям Курского срединного массива (габбронорит-гипербазитовые и гипербазитовые тела) и Шептуховского купола; к Зиновьевско-Мантуровской подвижной зоне; к сочленению Льговской антиклинали с Шептуховским куполом и в меньшем количестве к Белгородско-Михайловской и Орловско-Тимской складчатым зонам. Интрузивные тела в указанных участках чаще всего располагаются группами или цепочками вдоль тектонических активизированных зон и разрывных нарушений [5].

Породная ассоциация золотухинского комплекса КМА, подобно возрастному и формационному аналогу – мамонскому комплексу Калач-Эртильской (Воронцовской) структуры ВКМ включает: а) ультраосновные породы (в разной мере серпентинизированные и амфиболитизированные дуниты, перидотиты и пироксениты); б) габбронориты и нориты, иногда оливинсодержащие. Основываясь на геофизических и геологических данных заверочного бурения эти породные ассоциации слагают как самостоятельные, так и пространственно совмещенные друг с другом двухфазные штокообразные или чашеобразные и лополитообразные тела размером от 0,5 до 1,0 км<sup>2</sup> и выше. В плане они имеют овально-вытянутую, удлинненно-округлую и реже неправильную форму.

Наиболее полно изученное собственно гипербазитовое тело, являющимся также петротипом рассматриваемого комплекса, представлено Золотухинским интрузивом, в составе которого выделяются преимущественно апоперидотитовые серпентиниты с интенсивно тремолитизированными приконтактовыми зонами. Габбронориты в нем развиты крайне ограниченно. Пространственно совмещенными гипербазиты и габбронориты золотухинского комплекса оказываются в пределах Смородинского массива, сложенного главным образом габбро-долеритами смородинско-новогольского комплекса трапповой формации, которые отчетливо пересекают и ультрамафиты и мафиты [1]. При этом мафитовые разности образуют реакционные соотношения с ранней ультрамафитовой фазой: контакты габброноритов с ультраосновными породами сопровождаются зонами метасоматических преобразований последних (тремолитизация, оталькование, хлоритизация, карбонатизация), что однозначно определяет возрастное соотношение этих пород. [5]. Следует отметить, что возраст габбро-долеритов смородинско-новогольского комплекса, секущего ультрамафит-мафитовые образования раннепротерозойский и составляет  $2060 \pm 10$  млн. лет [1], а это значит, что породы золотухинского комплекса сформировались не позже этой даты, что так же обнаруживает сходство с аналогичным мамонским комплексом, возраст габброноритов второй фазы которого составляет  $2080 \pm 15$  млн. лет [4]. По своему возрастному и структурному положению породы золотухинского комплекса КМА относятся к субплатформенным или постскладчатым образованиям, вероятно сформированным на этапе реактивизации молодой платформы в раннем протерозое.

Таким образом, по этим параметрам (строение и состав) такие интрузии обнаруживают сходные черты с мамонским комплексом Хоперского блока. Вместе с тем, в отличие от последнего, золотухинский комплекс характеризуется неполным сингенетическим рядом ультрамафит-мафитовых дифференциатов и в этом отношении приближается лишь к слабодифференцированному мамонскому типу одноименного комплекса [4]. Исходя из вышеизложенного, петрохимические особенности золотухинского комплекса блока КМА будет полезно рассмотреть в сравнении с аналогичными ему породами последнего (табл.).

Как в пределах мамонского, так и в золотухинском комплексе относительно габброноритов ультрамафиты первой фазы (дуниты, лерцолиты, верлиты, гарцбургиты, пироксениты) распространены в меньшей степени, и в основной своей массе представлены в той или иной степени серпентинизированными перидотитами. Именно по этой причине для выявления петрохимических черт в данном исследовании были использованы более ста опубликованных [6] анализов главных разновидностей как Золотухинского так и Смородинского участков распространения пород золотухинского комплекса КМА – перидотитов и апоперидотитовых серпентинитов, соответствующих существенно гипербазитовой фазе внедрения магматического расплава. Для сравнительного анализа использовались данные по аналогичным породам нижнемамонского интрузива, почерпнутые в том же [6] источнике. При этом петрохимическое сравнение проводилось по ряду параметров: соотноше-

нию кремнезема и щелочей, щелочей и глиноземистости а так же с помощью классификационной диаграммы статистического распределения химических составов главных видов интрузивных ультрамафитов в координатах AS, где  $A = Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O$ ,  $S = SiO_2 - (Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO + TiO_2)$ . На приведенные диаграммы вынесены также поля габброноритов второй фазы золотухинского комплекса. Следует отметить, что характерной особенностью становления интрузивных массивов этого комплекса является чрезвычайно слабо проявленная дифференциация продуктов ранней гипербазитовой фазы, о чем свидетельствует незначительное распространение оливиновых пироксенитов — крайних членов дифференцированного ряда [5], поэтому на диаграммах они не приведены.

Серпентиниты золотухинского комплекса, являющиеся продуктами метаморфического изменения перидотитов (гарцбургитов и лерцолитов) и, в меньшей степени, дунитов, характеризуются высоким содержанием магния, железа, постоянным присутствием алюминия и кальция, крайне низкой концентрацией щелочей и фосфора (табл.). Эти особенности, наиболее отчетливо проявляются в ряде петрохимических коэффициентов и на диаграммах. Апоперидотитовые серпентиниты и перидотиты занимают смежные поля в области гипербазитов нормального ряда.

Как это отчетливо видно на рис.1, серпентиниты золотухинского комплекса КМА по своему химическому составу аналогичны породам юго-востока ВКМ, отличаясь от них более низкими значениями суммы щелочей. Породы характеризуются высокой общей ( $\Sigma FeO = 11,05$  мас. %) и молекулярной ( $f=15,5$ ) железистостью, близкими содержаниями Na и K в ультрамафитах при низкой общей щелочности и относятся к умеренно глиноземистой калий-натровой серии. Из приведенных диаграмм отчетливо видно, что перидотиты в целом повторяют особенности химического состава серпентинитов (см. табл.), однако от последних их отличают пониженная основность, а также более высокое содержание титана, алюминия,

кальция, щелочей, фосфора. От близких к ним по составу перидотитов мамонского комплекса юго-востока ВКМ (табл., рис. 1,2) перидотиты КМА отличаются несколько большей железистостью. Габбронориты второй фазы золотухинского комплекса на диаграммах отстоят в стороне от ультрамафитов, но в целом наследуют их свойства и принадлежат к породам нормальной щелочности высокоглиноземистых пород калий-натровой серии.

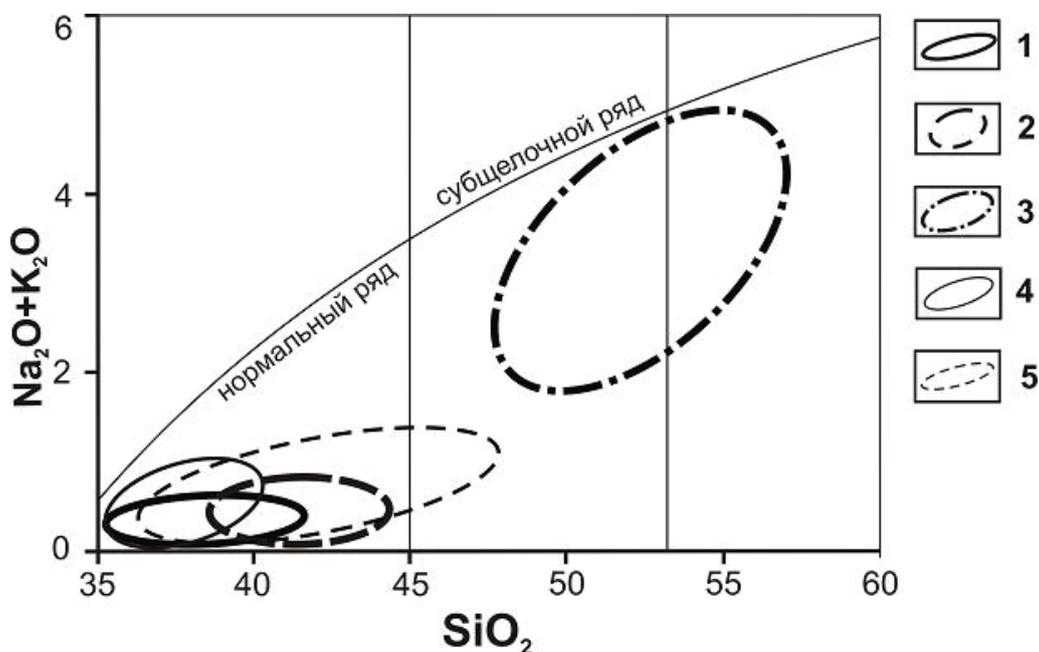


Рис.1. Диаграмма кремнезем-щелочи для пород золотухинского и мамонского комплексов, где 1 – серпентиниты, 2 – перидотиты, 3 – габбронориты золотухинского комплекса; 4 и 5 – серпентиниты и перидотиты мамонского комплекса, соответственно.

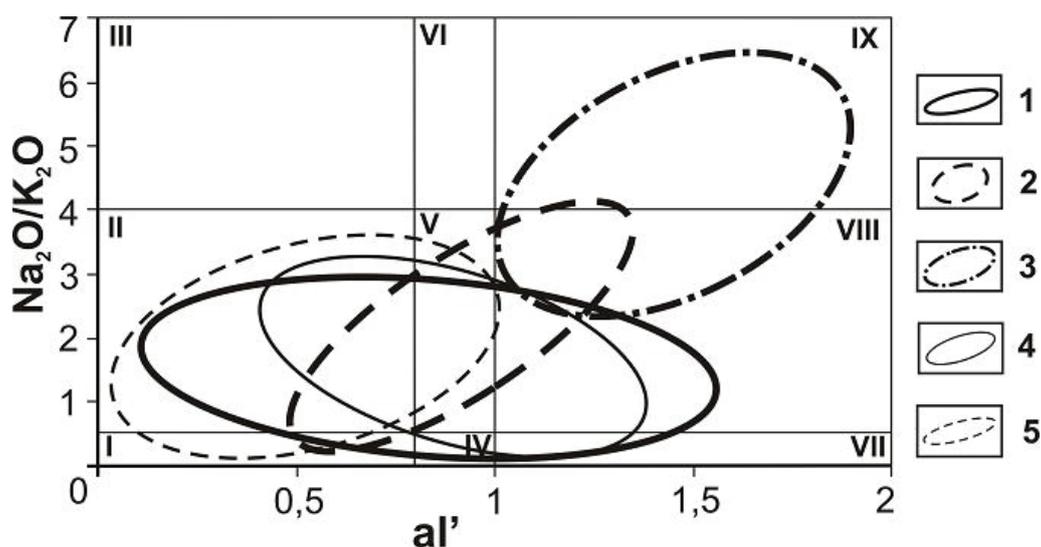


Рис.2. Диаграмма щелочность – глиноземистость для пород золотухинского и мамонского комплексов с выделением полей:

I – низкоглиноземистых пород калиевой серии, II – низкоглиноземистых пород K-Na серии, III – низкоглиноземистых пород Na серии, IV – умеренно-глиноземистых пород K серии, V – умеренно-глиноземистых пород K-Na серии, VI – умеренно-глиноземистых пород Na серии, VII – высокоглиноземистых пород K серии, VIII – высокоглиноземистых пород K-Na серии, IX – высокоглиноземистых пород Na серии. **Области на диаграмме 1 – серпентиниты, 2 – перидотиты, 3 – габбронориты золотухинского комплекса; 4 и 5 – серпентиниты и перидотиты мамонского комплекса, соответственно.**

Средние значения основных петрохимических окислов главных разновидностей пород золотухинского и мамонского комплексов

Порода	SiO <sub>2</sub>	TiO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	S	al'
<b>Золотухинский комплекс КМА</b>															
Серпентиниты аподунитовые (2)	36,04	0,25	0,22	2,39	2,65	5,29	0,14	34,37	1,70	-	-	-	-	-	-
Лерцолиты серпентиниз. (2)	43,42	0,62	0,25	4,76	4,52	5,28	0,15	26,24	4,32	0,27	0,22	0,09	0,30	0,65	1,01
Гарцбургиты серпентиниз. (11)	42,20	0,42	0,19	3,70	4,06	5,58	0,17	30,90	3,72	0,25	0,24	0,13	0,17	0,30	1,34
Серпентиниты апоперидот. (38)	38,31	0,26	0,18	1,54	5,33	4,04	0,16	35,46	1,54	0,12	0,10	0,09	0,29	0,13	0,98
Вебстерит олив. серп. (1)	41,30	0,28	0,47	7,15	2,76	7,57	0,17	28,90	6,00	0,40	0,00	...	...	0,05	1,12
Габбронориты (27)	50,90	0,86	0,02	17,19	2,40	7,82	0,10	7,01	8,73	2,82	0,71	0,22	0,28	0,11	1,40
<b>Нижнемамонский массив мамонского комплекса ВКМ</b>															
Гарцбургиты серпентиниз. (16)	40,86	0,31	0,23	2,80	6,76	6,89	0,17	27,14	4,76	0,36	0,30	0,12	0,42	0,85	0,71
Лерцолиты серпентиниз. (5)	45,09	0,27	0,00	4,60	6,47	3,77	0,14	22,76	7,07	0,64	0,60	0,06	0,36	1,47	0,76
Серпентиниты апоперидот. (13)	36,69	0,26	0,22	2,57	6,67	5,75	0,15	31,40	2,70	0,17	0,20	0,12	0,49	0,27	0,99

На классификационной диаграмме статистического распределения химических составов главных видов интрузивных ультрамафитов в координатах AS (рис.3) серпентиниты и перидотиты тяготеют к полям гарцбургитов-лерцолитов с небольшим смещением в сторону дунитовой составляющей у серпентинитов, подчеркивая тем самым высокую основность исходных для серпентинитов пород. На этой же диаграмме помещены области средних составов петрографических аналогов мамонского комплекса юго-восточной части ВКМ, которые обнаруживают значительное сходство с породами, однако с больше проявленной их составе (судя по диаграмме) лерцолитовой и верлитовой составляющей.

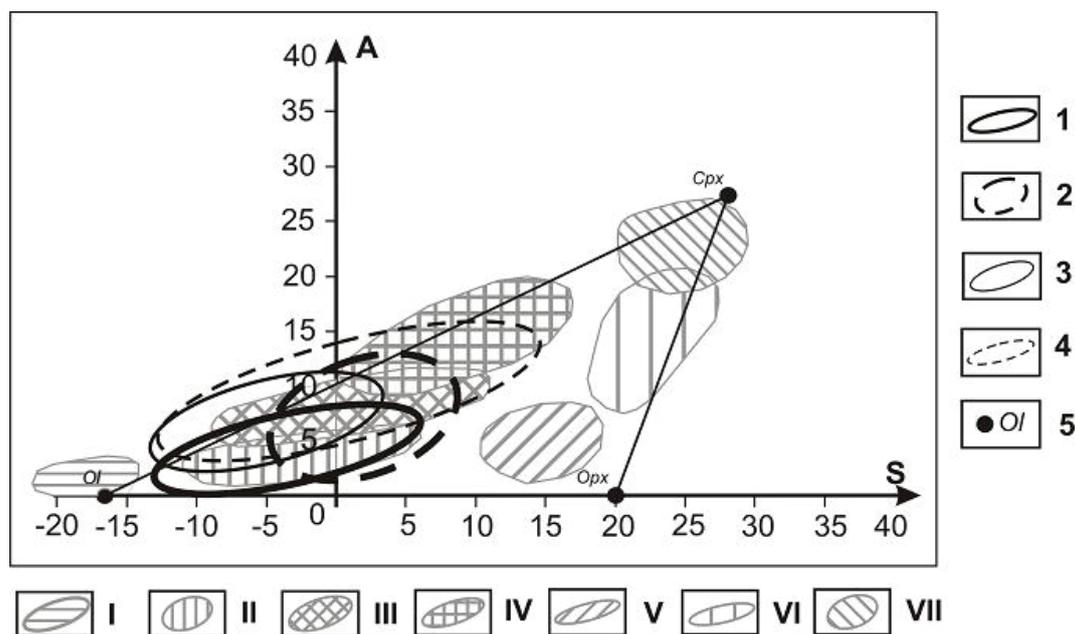


Рис.3. Классификационная диаграмма в координатах AS с полями статистического распределения химических составов главных видов интрузивных ультрамафитов:

I - дуниты/оливиниты, II - гарцбургиты, III - лерцолиты, IV - верлиты, V - ортопироксениты, VI - вебстериты, VII - клинопироксениты; области на диаграмме: 1 – серпентиниты, 2 – перидотиты золотухинского комплекса; 3 и 4 – серпентиниты и перидотиты мамонского комплекса соответственно.

Таким образом, при очень большом сходстве с мамонским комплексом юго-востока ВКМ к числу наиболее характерных петрохимических особенностей ультраосновных пород золотухинского комплекса КМА следует отнести высокую магнезиальность при довольно стабильных значениях общей железистости, пониженное содержание щелочей, постоянное присутствие титана, хрома, фосфора и серы, что позволяет отнести породы комплекса к дунит-перидотит-пироксенит-габброноритовой формации и предположить его металлогеническую специализацию на сульфидные медно-никелевые руды с благороднометалльной минерализацией ЭПГ и Au.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №08-05-99003-р-офи).*

#### Литература

1. Альбеков А.Ю. Геология, петрология и минерагеническая оценка перспектив рудоносности габбродолеритовых массивов трапповой формации ВКМ: Автореф. канд. дис. геол.-минерал. наук. Воронеж, 2002. 24 с.
2. Ножкин А.Д., Крестин Е.М. Радиоактивные элементы в породах раннего докембрия (на примере КМА). М.: Наука, 1984. 126 с.
3. Полищук В.Д., Полищук В.И. Основные ультраосновные интрузивные породы докембрия Воронежской антеклизы и перспективы поисков связанных с ними полезных ископаемых. «Тр. III совещ. по пробл. изуч. Воронежской антеклизы». Воронеж, 1966.
4. Чернышов Н.М. Платиноносные формации Курско-Воронежского региона (Центральная Россия). Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. 448 с.
5. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л., Фролов С.М. Гипербазиты КМА. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1981. 252 с.
6. Чернышов Н. М., Бочаров В.Л. Химические составы ультраосновных и основных интрузивных пород докембрия Воронежского кристаллического массива: Справочник. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1972. 240 с.