

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ РЯДЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ УЛЬТРАОСНОВНЫХ-ОСНОВНЫХ ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВУЛКАНИТОВ НОРМАЛЬНОЙ ЩЕЛОЧНОСТИ

Куликов¹ В.С., Куликова¹ В.В., Бычкова² Я.В.

¹Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, e-mail: vkulikova@yandex.ru,

²ИГЕМ РАН, г. Москва, e-mail: yanab66@yandex.ru

Вопросы классификации и номенклатуры ультраосновных-основных высокомагнезиальных вулканитов нормальной щелочности неоднократно обсуждается уже более 30 лет после открытия коматиитов [Классификация..., 1981; 1997; Куликова, Куликов, 1981; Рябчиков и др., 1985; Коматииты..., 1988; Куликов, 1988; Магматические..., 1988; Марковский, Ротман, 1981; Петрографический..., 1995; 2009; Петрохимические..., 2001; Попов, 1988; Смолькин, 1992; Штейнберг, 1985; A Classification..., 1989; Arndt et al., 2008; Davis, 1999; Hanski et al., 2001; Komatiites, 1982; Kulikova, Kulikov, 1995; Le Bas, 2000; Streckeisen et al., 2011 и др.]. Классификации, рекомендованные Подкомиссией по систематике изверженных пород (ПСИП) Международного союза геологических наук, Терминологической комиссией (ТК) и ее преемником Межведомственным петрографическим комитетом РАН (МПК РАН) имеют значительные различия, связанные с разными подходами к построению классификационных таблиц и диаграмм.

Авторы ограничились рассмотрением последних версий международной [Le Bas, 2000] и российской [Петрографический кодекс..., 2009] классификаций, которые выделяют среди высокомагнезиальных вулканитов две группы: высокомагнезиальную, или коматииты и меймечиты, и пикритовую.

Ранее [A Classification..., 1989] к высокомагнезиальным вулканитам относились бониниты ($MgO > 8\%$), пикритовые породы ($MgO > 18\%$), которые подразделялись на пикрит ($Na_2O + K_2O > 1\%$), коматиит ($Na_2O + K_2O < 1\%$ и $TiO_2 < 1\%$) и меймечит ($Na_2O + K_2O < 1\%$ и $TiO_2 > 1\%$). Для первой группы минимальное содержание MgO 18% (вес.%), а для второй – 12%. На диаграмме «сумма щелочей – кремнезем» (TAS) граница между бонинитом и коматиит-меймечит-пикритом устанавливается по содержанию SiO_2 52%. Максимальное содержание щелочей ($Na_2O + K_2O$) принимается для коматиитов и меймечитов 2%, а для пикритов 3%; $TiO_2 > 1\%$ для меймечитов и $< 1\%$ для коматиитов. Но эти параметры не позволяют решить ряд важных задач по разделению: 1) меймечитов и титанистых пикритов с $MgO > 18\%$; 2) коматиитов и низкотитанистых пикритов с $MgO > 18\%$; 3) коматиитов и марианитов, содержащих $SiO_2 < 52\%$. Дискуссионен вопрос о границе пикритов и пикробазальтов по $MgO = 12\%$, поскольку аналогичная граница между коматиитами и коматиитовыми базальтами установлена по $MgO = 18\%$. Классификация ПСИП не рассматривает вопрос о месте наиболее магнезиальных ($MgO > 35\%$) пород (преимущественно, олеиновых кумулятов) коматиитовой и пикритовой серий и о их номенклатуре.

Классификация МПК РАН, разработанная во ВСЕГЕИ и включенная в Петрографический кодекс (ПК) России [Петрографический..., 1995; 2009], также содержит ряд нерешенных вопросов, из которых следует отметить следующие.

- Несмотря на значительное разнообразие высокомагнезиальных ($MgO > 18\%$) вулканитов они объединены в одно семейство – «пикриты» (табл. 1 прил. 1 ПК-2009). Объем этого семейства в ПК-2009 претерпел значительные изменения по сравнению с ПК-1995: увеличено количество видов горных пород до 5 (пикрит, ферропикрит, низкотитанистый пикрит, высокотитанистый пикрит и ультраосновной пикробазальт) вместо 3 (меймечит, пикрит и коматиит) и введены новые параметры, в т.ч. алюмотитановый модуль (АТМ) – Al_2O_3/TiO_2 .

- Приведенные петрохимические составы вулканитов (табл.1, прил. 1 ПК-2009), очевидно, не всегда пересчитывались на 100% (без H_2O , CO_2), как это требует ПК, и поэтому содержания ряда окислов занижены (особенно SiO_2) на 2-5%, вследствие чего

преобладающая часть вулканитов коматиитовой серии оказалась в отряде ультраосновных пород (меньше 45% SiO₂), хотя пересчитанные содержания кремнезема в них составляют 50% и выше, что соответствует основным породам.

- Коматиит рассматривается как структурная разновидность пикрита. Но термин «коматиит» основательно вошел в мировую литературу и понижать его статус как вида (ПК-1995) до разновидности (ПК-2009) нецелесообразно.

- Не решен вопрос о месте низкотитанистых пикритов, которые по ряду петрохимических характеристик сопоставимы с коматиитами.

- Впервые выделенные низко- и высокотитанистый пикриты и ультраосновной пикробазальт недостаточно обоснованы и в качестве самостоятельных видов требуют уточнений.

Авторами на основе анализа последних версий обеих классификаций с привлечением собственных материалов по коматиитовым и пикритовым сериям Фенноскандии, с использованием новых данных по геологии, петрологии и геохимии [Arndt et al., 2008 и др.] предложен новый вариант классификации в формате, принятом для ПК-2009. В основу положены следующие принципы, которые не противоречат рекомендациям ПСИП и ТК.

1. Главный критерий классификации – петрохимический. Его выбор обусловлен тем, что многие высокомагнезиальные вулканиты содержат значительное количество разложившегося или измененного стекла, а первичные минералы (оливины, пироксены, лагиоклазы и др.) редко сохраняются, особенно в докембрийских комплексах, что не позволяет объективно использовать модальный состав этих пород в качестве главного критерия. Использование нормативного состава также представляется нецелесообразным, так как он существенно отличается от модального и мало пригоден для практики.

2. Все используемые химические анализы пересчитывались на 100% (без H₂O, CO₂).

3. Главной границей, отделяющей высокомагнезиальные вулканиты от других вулканитов, признается содержание MgO=18%, т.е. для первых оно является минимальным, а для вторых – максимальным. Она делит соответствующие ультрамафит-мафитовые петрохимические серии на мафитовые и ультрамафитовые части [Komatiites, 1982].

4. Ультрамафитовые вулканиты с учетом международных и отечественных исторических традиций, особенностей вещественного состава и специфичности структур наиболее представительных пород впервые разделяются на три семейства: коматиитовое, меймечитовое, пикритовое и марианит-бонинитовое. *Эти семейства характеризуются различными временными интервалами своего расцвета в истории Земли (1-е – в архее, 2-е – в протерозое-фанерозое и 3-е – в мезо-кайнозое).*

5. Каждое семейство по содержанию MgO, TiO₂ и FeO+Fe₂O₃, а также величинам отношений Al₂O₃/TiO₂ и CaO/Al₂O₃ подразделяется на самостоятельные виды горных пород с границами между ними по: MgO 18 и 35%; TiO₂ 0.5, 1.0, 1.5 и 2.5%; FeO+Fe₂O₃ 14%. Граница по MgO = 35% вводится впервые. Она характеризует максимальное содержание магнезии в коматиитах с оливиновым спинифексом, установленное в природных объектах, и выделяет наиболее магнезиальные магматические расплавы, существовавшие на Земле. Полученные авторами артефакты на основании изучения хромитовых горизонтов крупнейшего в Европе Бураковского расслоенного плутона мафит-ультрамафитов и его сателлита – интрузива Выжиги сумийского возраста, людиковийских даек основного- среднего состава Центральной Карелии и др. в Институте геологии Карельского НЦ РАН в 2009 г. на микроанализаторе «INCA Enerdgy 350» на базе сканирующего электронного микроскопа «VEGA II LSH» в виде минералов карбидов – ярлонгит (ярлунгит-?), силицидов (хапкеит-?), «самородных» – октибегит и др. свидетельствуют о возможном доказательстве их непосредственно мантийного происхождения.

6. Разновидности пород выделяются с учетом их минеральных и структурных особенностей, а также некоторых специфических петрохимических параметров (например, содержание Al [Arndt et al., 2008, Komatiites, 1982]).

На основании вышеизложенного и учитывая принятую в отечественной и мировой литературе номенклатуру горных пород, в классификации помещено 7 выделенных видов высокомагнезиальных ($MgO > 18\%$) вулканитов в семействах: коматиитовом – 2 (коматиитовые перидотит-дуниты и коматииты), меймечит-пикритовом – 4 (меймечит, пикрит, ферропикрит и низкотитанистый пикрит) и марианит-бонинитовом – 1 (марианит).

В настоящее время не существует «простой» диаграммы, где бы все выделенные виды занимали строго определенные поля, поэтому необходимо применять наиболее объективные диаграммы, например: $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$, $MgO - TiO_2$, $lg MgO - lg Al_2O_3/TiO_2$ и $Al_2O_3/TiO_2 - CaO/Al_2O_3$, которые прошли апробацию на разных объектах. Учитывая статус ПК как нормативного документа для России, основу его петрохимической базы (классификационной таблицы) составили данные (более 500 химических анализов) наименее измененных высокомагнезиальных вулканитов, изученных на территории России с привлечением материалов по соседним регионам, а также другим континентам и океанам.

Но на диаграмме $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$ наблюдаются значительные перекрытия полей пикрита, меймечита, низкотитанистого пикрита и ферропикрита, а также, частично, коматиита и низкотитанистого пикрита, что отмечалось ранее [Коматииты..., 1988; A Classification..., 1989 и др.] и поэтому было доказано, что она мало пригодна для классификации высокомагнезиальных вулканитов. Диаграмма $MgO - TiO_2$, где поле ферропикрита располагается в центральной части пикритового, низкотитанистые пикриты перекрывают поле коматиитов, но остальные не пересекаются, традиционно наиболее пригодна для классификационных целей, поскольку именно здесь однозначно установлено большинство видовых границ, рекомендуемых нами по: MgO 18 и 35%; TiO_2 0.5, 1.0, 1.5, 2.5%. Некоторые из них приняты в международной (и, частично, российской) классификациях (MgO 18%; TiO_2 0.5, 1.0%).

Известно, что Ti, как один из самых инертных элементов при метаморфизме не испытывает миграции, наряду с Zr, Y, Sc. Он наиболее объективно отражает первичное содержание его в продуктах дифференциации материнской магмы по сравнению с другими базовыми элементами, например, щелочными. На диаграмме $Al_2O_3/TiO_2 - CaO/Al_2O_3$ [Arndt et al., 2008] поля всех видов самостоятельны за исключением совпадающих коматиитового базальта и коматиитовых перидотит-дунитов. Ранее авторы использовали диаграмму $ATM - MgO$ для классификации петрохимических серий [Петрохимические..., 2001], где (в обычных и логарифмических координатах) породные ассоциации выстраиваются в тренды с направлением боуэновской эволюции в сторону уменьшения MgO до 9% при одновременном увеличении щелочей и сохранении относительного постоянства ATM , образуя серии (алливалитовую, марианит-бонинитовую, коматиитовую, пикритовую, меймечит-пикритовую и др.), которые отделяются друг от друга минимальным количеством фигуративных точек.

Э.Хански [Hanski et al., 2001] применял диаграмму $Al_2O_3 - TiO_2$ (в мольных пропорциях) для разделения пикритов и коматиитов района Киттеля (Северная Финляндия), на которой выделялись от низко- к высокотитанистым следующие поля: бониниты, коматииты (Al -деплементированные и Al – недеплементированные), Ti – обогащенные коматииты, пикриты и меймечиты.

Заслуживает более четкого определения термин «высокомагнезиальный вулканит». Если принять для него минимальную границу по содержанию MgO - 18%, то вулканиты с содержанием MgO 8-18% следует именовать «магнезиальный вулканит» (включая коматиитовый базальт, пикробазальт, бонинит и др.).

Требует обсуждения вопрос о дальнейшем расчленении пикритовых пород, в т.ч. с повышенной щелочностью.

Особого внимания заслуживает предложение о целесообразности отнесения к семейству коматиитов (в связи с близостью петрохимических параметров) низкотитанистых пикритов Камчатки и Горгоны, не имеющих оливиновых спинифекс структур, а к семейству меймечитов - пикритов - феррокоматиитов типа Бостон Крик [Arndt et al., 2008] со

структурами спинифекс и повышенными содержаниями титана и железа. Однако это предложение должно привести к процессу соответствующего переименования в будущем уже описанных пород. О готовности к этой процедуре должны ответить в первую очередь Региональные петрографические советы России.

Литература

- Классификация и номенклатура изверженных горных пород. – М: Наука, 1981. – 160 с.
- Классификация магматических (изверженных) пород и словарь терминов. Рекомендации Подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук (пер. С.В. Ефремова). – М: Недра, 1997. – 248с.
- Коматииты и высокомагнезиальные вулканы раннего докембрия Балтийского щита (отв. ред. Богатилов О.А.). – Л: Наука, 1988. – 193с.
- Куликов В.С. О систематике и номенклатуре пород коматиитовой серии // Коматииты и высокомагнезиальные вулканы раннего докембрия Балтийского щита. Л: Наука, 1988. С.7.
- Куликов В.С., Куликова В.В., Бычкова Я.В. Находка коматиитов саамия (раннего архея) на Балтийском щите // ДАН СССР. 1989. Т.308. №6. С.1441-1445.
- Куликова В.В., В.С. Куликов. Новые данные об архейских перидотитовых коматиитах Вост. Карелии // ДАН СССР. 1981. Т.259. №3. С.693-697.
- Магматические горные породы. Ультраосновные породы (отв. ред. Лазько Е.Е., Шарков Е.В.). – М: Наука, 1988. – 508с.
- Марковский Б.А., Ротман И.К. Геология и петрология ультраосновного вулканизма. – Л: Недра, 1981. – 247с
- Петрографический кодекс (магматические и метаморфические образования). – Л.: ВСЕГЕИ, 1995. – 128с.
- Петрографический кодекс (магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования). – СПб: ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.
- Петрохимические серии магматических пород. /Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В., Бычков А.Ю. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. – 114 с.
- Попов В.С. Бониниты, их происхождение и соотношения с другими типами магматических пород // Записки ВМО, 1988 в. 6 ч. 117. С. 730-746.
- Рябчиков И.Д., Богатилов О.А., Саддеби П., Гирнис А.В., Куликов В.С., Куликова В.В. Эволюция докембрийских коматиитовых магм на примере восточной части Балтийского щита // ДАН СССР. 1985. Т.284. N4. С.973-975.
- Смолькин В.Ф. Коматиитовый и пикритовый магматизм раннего докембрия Балтийского щита. – СПб: Наука, 1992. – 272с.
- Штейнберг Д.С. О классификации магматитов. – М: Наука, 1985. – 160 с.
- A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Oxford: 1989. 195 p.
- Arndt N., Leshner M., Barnes S. Komatiite. Cambridge: 2008. 465 p.
- Davis P.C. (ed) Classic Komatiite Localities and magmatic Fe-Ni-Cu-(PGE) Sulphide Deposits of the Abitibi Greenstone Belt, Ontario – Quebec. Sudburi: 1999. 76 p.
- Hanski E., Huhma H., Rastas P., Kamenetsky V. The Paleoproterozoic komatiite – picrite association of Finnish Lapland // J.Petrology. 2001. V.42. P.855-876.
- Komatiites (eds Arndt N., Nisbet E.). London: 1982. 526 p.
- Kulikova V.V., Kulikov V.S. The alumotitanium modulus: the serration indicator of magmatics in the Proterozoic rift structures of the Baltic Shield // Petrology and Metallogeny of Volcanic and Intrusive Rocks of the Midcontinent Rift System. (Abstract) Duluth, Minnesota 1995. P. 89.
- Le Bas M.J. IUGS Reclassification of the High-Mg and Picritic Volcanic Rocks // J.Petrology. 2000. v. 41. №10. P.1467-1470.
- Streckeisen A., Bonin B., Zanettin B., Le Bas M., Bateman P., Le Maitre R. Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms; Recommendation of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 252 p.