

В.В.ДОЛИВО-ДОБРОВОЛЬСКИЙ, д-р геол.-минерал. наук, профессор, mcp@spmi.ru
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

V.V.DOLIVO-DOBROVOLSKY, Dr. g.-m.Sci., Professor, mcp@spmi.ru
Saint-Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Классификация магматических горных пород, принятая в Петрографическом кодексе, так же, как и классификация, разработанная комиссией Международного союза геологических наук, не вполне удовлетворяет геологов. Рациональная и удобная для практического применения классификация магматических пород должна учесть положительные стороны существующих систематик. Вполне обосновано выделение трех классов магматических пород – plutonic, volcanic and hypabissal – согласно критериям, изложенным в Петрографическом кодексе. В основу дальнейшего разделения должен быть положен минеральный состав, и лишь при невозможности его определения – химический состав. В целях классификации последний должен быть пересчитан на содержания нормативных минералов.

Ключевые слова: петрография, магматические породы.

PRINCIPLES OF RATIONAL CLASSIFICATION OF MAGMATIC ROCKS

The classification of igneous rocks approved in Petrographic code is not quite good, as well as the classification offered by the commission of the International Union of geological sciences. The rational and practically convenient classification of igneous rocks must take into account positive aspects of existing systematics. The division of igneous rocks into three classes (plutonic, volcanic and hypabissal) according to criteria stated in Petrographic code is well founded. The further division should be based on mineral contents; chemical composition should be used only if mineral contents can not be determined. Chemical composition must be recalculated to contents of normative minerals for classification purposes.

Key words: petrography, magmatic rocks.

За полторы сотни лет, прошедших с того времени, когда для изучения горных пород стали применять микроскоп и петрография выделилась в самостоятельную научную дисциплину, петрографами описано очень большое число разнообразных магматических пород. В современных словарях содержится более полутора тысяч терминов – названий магматических пород, большинство из которых, однако, отвечает разновидностям пород, не заслуживающим специальных названий и лишь засоряющим петрографическую номенклатуру.

В петрографии магматических пород одно из важнейших мест занимает проблема рациональной их классификации и номенклатуры. Необходимость разработки единой классификации магматических пород, обеспечивающей однозначное понимание существующих терминов, обусловила привлечение к решению этой задачи больших коллективов, как российских, так и международных. Недавно опубликованы две существенно различные классификации: подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук [7] (классификация далее кратко называемая

международной) и отечественного Межведомственного петрографического комитета (классификация, отраженная в Петрографическом кодексе [10], учет которого обязателен при выполнении геологических работ). Но обе не могут считаться вполне удовлетворительными, поскольку имеют существенные недостатки, мешающие их использованию.

На какой основе должна базироваться классификация магматических пород, чтобы, с одной стороны, максимально приближаться к естественной классификации, опирающейся на законы природы, с другой стороны, быть достаточно простой и удобной в использовании и по возможности сохранять исторически сложившиеся значения широко используемых терминов?

Горные породы занимают определенный уровень организации вещества, слагающего Землю. Последовательность таких уровней составляет ряд: 1) элементарные частицы; 2) атомы; 3) минералы; 4) горные породы; 5) формации и т.д. Каждый из уровней объединяет множество объектов – элементов или индивидов. В свою очередь, каждый индивид представляет собой систему закономерно связанных элементов более низкого уровня и характеризуется определенной *конституцией*. Это понятие объединяет вещественный состав (какие элементы соседнего более низкого уровня слагают систему) и структуру (особенности связей элементов в системе). Естественная классификация объектов, относящихся к определенному уровню организации, должна в первую очередь базироваться на их конституции.

В основание классификаций тех или иных природных объектов обычно кладут понятия об индивидах как единичных (буквально *неделимых*) элементах и о видах как низших таксонах классификации. Для живых организмов (растений и животных), для которых изначально и были введены эти понятия, они естественны и их применение обычно не вызывает принципиальных вопросов. Для объектов неорганической природы они не всегда оказываются однозначно определенными.

Вполне естественна классификация объектов на уровне атомов. Она отражает закон природы – периодический закон химических элементов Д.И. Менделеева. Отнесение индивида (конкретного атома или иона) к тому или иному виду (химическому элементу) не может вызывать каких-либо сомнений. Постепенных

переходов между атомами не существует – не может быть атома, представляющего нечто среднее между атомами никеля и кобальта и т.п. Различные изотопы какого-либо элемента – это разновидности одного вида.

Сложнее обстоит дело с минералами. Уже понятие о минеральном индивиде не всеми учеными трактуется одинаково. Обычно под индивидами минералов понимают их монокристаллы или зерна, но высказывается также мнение, что индивидами следует считать мельчайшие блоки или домены кристаллов [1]. Не столь просто и понятие о минеральном виде. В основу классификации минералов положен их химический состав, отображаемый формулой, и кристаллическая структура. Широко развитые изоморфные замещения, нередко весьма сложные, затрудняют определение минеральных видов. Принятые международные правила, определяющие это понятие [9], встречают обоснованные возражения [2]. Эти правила (в частности, «правило 50 %») в случае применения их к минералам сложного состава с изоморфными замещениями во многих структурных позициях приводят к малооправданному появлению большого числа минеральных видов, лишь незначительно отличающихся друг от друга по составу и свойствам (например, в группе эвдиалита).

С еще большими сложностями мы встречаемся при переходе к горным породам. В применении к горным породам понятие «индивид» по существу теряет свой смысл. В горных породах мы не находим физически отграниченных «неделимых», которые можно было бы назвать индивидами. Под индивидом горной породы можно условно понимать любой ее образец, реально взятый или мысленно выделенный из массы, отражающий ее конституцию – вещественный состав и структуру. Минимальный размер такого образца соответствует тому, что нередко называют «элементарной ячейкой горной породы». Отметим, что к индивидам горных пород не следует относить слагаемые ими геологические тела (интрузивы, дайки, вулканические покровы) – это индивиды более высокого уровня организации: формаций или горно-породных тел.

Большие затруднения встречаются при попытках определения видов горных пород, на что особенно указывал А.Н. Заварицкий [5]. Это связано с целым рядом причин, многократно увеличивающих возможности постепенных переходов между горными породами по сравне-

нию с минералами. Всякий минерал характеризуется строго определенной кристаллической структурой, и возможные вариации его состава ограничены рамками этой структуры и кристаллохимическими законами изоморфных замещений. В случае горных пород таких ограничений нет и вариации их минерального состава качественно лимитируются термодинамическими условиями устойчивости минеральных парагенезисов, в принципе не ограничивающих количественные соотношения сосуществующих минеральных фаз. Кроме того, приходится считать с имеющими существенное значение вариациями состава слагающих породу минералов (например, плагиоклазов). Поэтому границы между видами горных пород приходится проводить условно, по формальным количественным соотношениям слагающих их минералов.

При характеристике вещественного состава магматической горной породы указывают ее минеральный и химический составы. Но в основу классификации горных пород по вещественному составу должен быть положен именно минеральный состав, определяющий их конституцию. Классификация горных пород по химическому составу, в сущности, столь же неестественна, сколь классификация минералов не по входящим в них химическим элементам, а по составляющим их элементарным частицам, или классификация формаций не по слагающим их горным породам, а по находящимся в них минералам. Только при невозможности определения минерального состава для целей классификации приходится привлекать химический состав. Необходимость в этом возникает в случае микрокристаллических (особенно неполнокристаллических) пород, содержащих вулканическое стекло, т.е. таких, которые характеризуются неполной завершенностью формирования устойчивого минерального парагенезиса. На преимущественное значение минерального состава над химическим для классификации магматических пород со всей определенностью указывали уже Е.С.Федоров [11] и А.П.Карпинский [6]. Такой же позиции всегда придерживался и А.Н.Заварицкий, который неоднократно подчеркивал, что так называемые химические классификации магматических пород есть, по сути, лишь классификации их химических составов [4, 5].

Между тем Петрографический кодекс отдает предпочтение химическому составу даже

для полнокристаллических («плутонических») магматических пород, в частности для таких таксонов, как группы (по содержанию SiO_2), ряды (по содержанию $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) и семейства. В то же время выделение пород щелочного ряда производится в первую очередь по минеральному составу – наличию симптоматических минералов: фельдшпатоидов или щелочных пироксенов и амфиболов. Подобный эклектический характер классификации приводит к тому, что нередко горные породы, имеющие практически тождественный минеральный состав, приходится относить к различным видам, семействам и даже рядам. Примером могут служить граниты, минеральный состав которых приведен в таблице (все данные взяты из работы [8]). Граниты образцов 1 и 2 имеют практически тождественный минеральный состав, но относятся не только к разным видам, но и к разным семействам (1 – семейство гранитов, 2 – лейкогранитов). Граниты 3, 4 и 5 также весьма близки по минеральному составу, но образцы 3 и 4 попадают в породы нормального ряда, а 5 – субщелочного. Горная порода, содержащая 35 % калиевого полевого шпата, 30 % кислого плагиоклаза, 30 % кварца, 5 % биотита и акцессориев, по Кодексу, может быть отнесена к четырем различным видам: граниту, лейкограниту, субщелочному двуполевошпатовому граниту и субщелочному двуполевошпатовому лейкограниту. Различить их можно только по содержанию кремнезема и суммы щелочей. Но всегда возможные небольшие вариации химического состава при практически идентичном минеральном составе не могут служить основанием для выделения различных видов. Можно, конечно, говорить о значении тонких петрохимических различий гранитоидов, например, для целей формационного анализа, выявления их металлогенической специализации и т.п. Но эти соображения не могут являться основанием для систематики пород – выделения видов и других таксонов, так же как, например, в минералогии явления типоморфизма и типохимизма, часто имеющие большое практическое значение, не являются основанием для выделения минеральных видов.

Вышеприведенный пример гранитов выявляет еще один недостаток Кодекса. Термину «гранит» придается различный смысл. С одной стороны, этот термин обозначает определенный вид горной породы, относящийся к определенному семейству (гранитов) и ряду.

С другой стороны, например, субщелочной двуполевошпатовый гранит не относится к семейству гранитов и потому гранитом как бы не является. В рациональной номенклатуре не должно возникать таких противоречий.

В основу международной классификации магматических горных пород положен минеральный (модальный) состав, и для плутонических пород он в целом выдержан. Но в Международной классификации в отличие от классификации Кодекса не выделяются в отдельный класс гипабиссальные породы. Не соблюдена в ней иерархия таксонов, остается неясным определение вида. Неоправданным выглядит выделение в самостоятельные группы мелилитовых пород, чарнокитов и лампрофиров.

При невозможности определения минерального состава для классификации приходится использовать химический состав. Как в классификации Петрографического кодекса, так и в Международной классификации в качестве единственных химических параметров использованы массовые содержания кремнезема и суммы щелочей, отраженные на TAS-диаграмме $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. Эти параметры недостаточны для сколько-нибудь полной характеристики химизма горной породы. Нужно полностью согласиться с мнением М.И.Дубровского [3] о непригодности использования для классификации массовых содержаний оксидов петрогенных элементов. Кажущаяся простота в этом случае оборачивается отрывом от петрографически значимых характеристик вещественного состава. Химические анализы должны быть пересчитаны на нормативный минеральный состав, что даст возможность применить классификацию, аналогичную таковой по модальному составу. В качестве метода пересчета удобно использовать хорошо известный метод CIPW, достаточно обоснованный реально наблюдаемыми в магматических породах парагенезисами, экспериментами и термодинамическими расчетами.

Вместе с тем следует, конечно, отметить относительную успешность широко применяемой для классификационных целей диаграммы TAS, на которой поля распространенных горных пород перекрываются незначительно. В основном это обусловлено тем, что процессы магматического петрогенезиса характеризуются определенной направленностью и приводят к формированию закономерных серий магматитов, в которых слагающие их породы представляют собой или котектоиды,

или кумуляты [12]. Общие тенденции такой направленности: обеднение расплава в процессе кристаллизации мафическими компонентами, обогащение кремнеземом и щелочами, повышение железистости – установлены еще со времени классических работ Н.Боуэна. Конечно, существенную роль играют и состав исходных расплавов, и условия кристаллизации, в частности режим подвижных компонентов (летучих компонентов, щелочей), но указанные тенденции, как правило, сохраняются, определяя корреляции между составом и количественными соотношениями минералов.

М.И.Дубровским [3] разработаны две параллельные классификации магматических пород: петрохимическая (по химическому) и петрографическая (по минеральному составу). В основу положен весьма детальный парагенетический анализ возможных ассоциаций породообразующих минералов. Петрохимическая классификация, базирующаяся на дополненной системе CIPW («CIPWD»), достаточно обоснована, но это, по существу, классификация не горных пород, а их химических составов. В петрографической классификации тип магматических пород подразделен на три класса: вулканический, гипогидробарический (гипабиссальный) и гипергидробарический (плутонический). Критерием различия двух последних классов является наличие или отсутствие гидроксилсодержащих и барофильных минералов. Формальное применение этого критерия приводит к тому, что, например, нормальное габбро попадает в гипабиссальный класс, а спессартит – в плутонический. Последующие таксоны: отряды, группы, ряды, семейства, роды – аналогичны соответствующим таксонам петрохимической классификации, что вызывает, с одной стороны, неоправданную сложность классификации, с другой стороны, нередкую неопределенность отнесения той или иной конкретной породы к отряду, группе или ряду. О сложности классификации говорит уже то, что в одном гипергидробарическом классе оказывается не менее 450 семейств. Подразделение на отряды, группы и ряды производится по наличию симптоматических минералов или парагенезисов, при отсутствии которых возникают неопределенность и двойственность, так что одна и та же порода (например, андезит) фигурирует в

Минеральный состав гранитов по объему, %

Минерал	Образец				
	1	2	3	4	5
Кварц	31,7	31,5	28,5	32	32
Плагиоклаз	34	33,4	30,7	29	30
Калиевый полевой шпат	29,6	30,9	36,7	37	35
Биотит	3,4	3,5	2,5	2	3
Мусковит	1	0,5	–	–	–
Акцессории	0,3	–	–	–	–

Примечание. 1 – гранит, Джабыкский массив, Урал. 2 – лейкогранит, Ключевской массив, Урал. 3 – гранит, Белоубинский массив, Алтай. 4 – лейкогранит, Хангайский комплекс, Монголия. 5 – субщелочной двуполевошпатовый лейкогранит, Гуджарский комплекс, Забайкалье

двух отрядах (железомагнезиальном и кальциевом). Разделение пород субщелочного и щелочного ряда проводится по химическому составу цветного минерала, что требует соответствующих аналитических данных.

Таким образом, ни одна из рассмотренных классификаций не может считаться вполне удовлетворительной. Разработка рациональной и удобной для практического применения классификации магматических пород остается делом будущего. Она должна учесть несомненные положительные стороны существующих систематик. Представляется вполне обоснованным всем предыдущим опытом выделение трех классов магматических пород – plutonic, volcanic and hypabyssal – согласно критериям, изложенным в Петрографическом кодексе. В основу дальнейшего разделения должен быть положен минеральный состав и лишь при невозможности его определения – состав химический. В целях классификации последний должен быть пересчитан на содержания нормативных минералов.

Среди признаков, характеризующих минеральный состав магматической породы, в первую очередь следует учитывать наличие и состав фельсических, во вторую – mafic минералов. По минеральному составу целесообразно подразделение магматических пород на следующие группы: 1) не содержащих существенных количеств фельсических минералов (ультрамафиты); 2) из фельсических минералов содержащих только полевые шпаты; 3) содержащих полевые шпаты и кварц; 4) содержащих полевые шпаты и фельдшпатоиды; 5) содержащих

только фельдшпатоиды. Дальнейшее подразделение проводится по относительным количествам и составам полевых шпатов и фельдшпатоидов, и далее – по характеру цветных минералов. Так, в классе plutonic пород в группе ультрамафитов естественно выделяются семейства дунитов, перидотитов, пироксенитов и горнблендитов. Чтобы не вносить дополнительной многозначности в существующую терминологию, следует по возможности использовать границы подразделений, принятые Международной классификацией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокий Г.Б. Индивиды минеральных видов в свете общей теории систем // Методологические проблемы кристаллографии. М.: Наука. 1985. С. 267-273.
2. Григорьев Д.П. Где минеральные виды (species) – в природе или на бумаге? // Записки ВМО. 1992. № 6. С. 144-145.
3. Дубровский М.И. Комплексная классификация магматических горных пород. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2002. 234 с.
4. Заварицкий А.Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1950. 400 с.
5. Заварицкий А.Н. Изверженные горные породы. М.: Изд-во АН СССР. 1956. 479 с.
6. Карпинский А.П. Заметка, представленная комиссии по номенклатуре горных пород на заседании в Париже 26 октября 1899 г. // Сочинения. Т.4. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1949. С.140-143.
7. Классификация магматических (изверженных) пород и словарь терминов. М.: Недра. 1997. 248 с.
8. Магматические горные породы. Ч.2. Классификация, номенклатура, петрография. М.: Наука. 1985. С. 371-768.
9. Никель Е.Х. КНМНМ ММА: Правила и руководства по номенклатуре минералов / Е.Х.Никель, Д.Д.Грайс // Зап. ВМО. 1999. № 2. С. 51-65.
10. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования / ВСЕГЕИ. СПб, 1995. 128 с.
11. Федоров Е.С. О петрографической номенклатуре // Изв. Московского сельскохозяйственного ин-та. 1899. Кн. 3. С 390-400.
12. Штейнберг Д.С. О классификации магматитов. М.: Наука, 1985. 160 с.

REFERENCES

1. Boki G.B. Individuals of mineral species in terms of general theory of systems //Methodological problems in crystallography. M.:Nauka. 1985, pp.267-273.
2. Grigoriev D.P. Where are mineral species - in nature or on paper? // Proc.VMO. 1992. No.6, pp.144-145.
3. Dubrovsky M.I. Complex classification of magmatic rocks.Apatity: Publ.KNTs RAS. 2002. 234 p.

4. *Zavaritsky A.N.* Introduction into petrochemistry of erupted rocks. M.-L.: Publ. AS USSR. 1950. 400 p.
5. *Zavaritsky A.N.* Erupted rocks. M.: Publ. AS USSR. 1956. 479 p.
6. *Karpinsky A.P.* A message submitted to the Commission on nomenclature of rocks at the Session in Paris on October 26 1899 // Compositions, V.4. M.-L.: Publ. AS USSR. 1949, pp. 140-143.
7. Classification of magmatic (erupted) rocks and dictionary of terms. M.:Nedra. 1997. 248 p.
8. Magmatic rocks. Part 2. Classification, nomenclature, petrography. M.:Nauka. 1985, pp.371-768.
9. *Nikel E.X., Grais D.D.* KNMNM MMA: Regulations and manuals on nomenclature of minerals. Proc.VMO. 1999. No.2, pp.51-65.
10. Petrographical Code. Magmatic and metamorphical formations. VSEGEI, St.Petersburg. 1995. 128 p.
11. *Fedorov E.S.* On petrographical nomenclature // Izv.Moscow agricultural Inst. 1899. Book 3, pp.390-400.
12. *Steinberg D.S.* On classification of magmatites. M.:Nauka, 1985. 160 p.