



УДК 551.21

Н. В. Костенко

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
Киев, Украина e-mail: knv@univ.kiev.ua

Формационная систематизация неовулканитов Восточной Европы по результатам петрохимическо-геохимических исследований

Аргументируется возможность применения петрохимической и геохимической информации по вулканическим образованиям разной кислотности Восточной Европы с целью определения их формационной принадлежности.

Постановка проблемы

При изучении петрографического разнообразия видов и разновидностей магматических пород, в том числе вулканических, в целях выявления общих закономерностей развития возникает необходимость их группирования, что, собственно, составляет основу учения о геологических формациях, называемого формационным анализом. Основным направлением таких исследований является изучение геолого-структурной позиции ассоциативных пород, особенностей пространственно-временной эволюции их вещественного состава с целью проведения внутри- и межрегиональных сопоставлений.

Анализ предшествующих исследований

В соответствии с определением, приведённым в Геологическом словаре [3] применительно к магматическим образованиям, геологическая формация — это сообщество геологических тел (слоёв и т. д.), объединённых в парагенетическом, генетическом или в каком-либо ином отношении, в связи с чем термин отличается многовариантностью толкования. Естественно, что такая терминологическая неоднозначность приводит к тому, что в процессе формационной систематизации пород даже в пределах отдельного региона количество выделенных формаций и их названия в зависимости от позиции исследователя может не совпадать. Так, в пределах Центрально-Закарпатской вулканической области В. В. Науменко [13], исходя из особенностей состава и возрастных соотношений, различал, как и Э. А. Лазаренко и др. [10], две формации вулкаников — андезитовую и риолит-игнимбритовую. Позднее в этом же регионе В. В. Науменко в соавторстве с другими исследователями [14] выделил уже три формации вулкаников: к ранее выделенным была добавлена ещё андезибазальтовая. Отметим, что ранее Е. М. Малеевым [12] под теми же названиями были выделены петрографические формации вулкаников. Ю. М. Коптюх [8] на этой же территории также выделил три формации изверженных пород, но в отличие от своих предшественников под несколько

иными названиями — андезибазальтовая, андезириолитовая, риолитовая. Две формации позднеальпийских магматитов Украинских Карпат (риодацитовую и андезитовую) различает З. М. Ляшкевич и др. [11].

Определение задачи

В связи с выше изложенным возникает вопрос: какой из приведённых вариантов формационной систематизации вулкаников Закарпатского прогиба наиболее близок к геологической реальности? Характерно, что подобная ситуация с выделением формаций вулканических образований свойственна и для других регионов Альпийского пояса. На наш взгляд, этой проблемы можно было бы избежать, если бы в своё время геологи обратили внимание на призыв Ю. А. Кузнецова [9], который считал важным при выделении геологических формаций наряду с качественными характеристиками ассоциативных пород использовать также количественную информацию по данным образованиям. В продолжении к этому добавим, что О. А. Богатилов и др. [2] под магматической формацией понимает определённую совокупность магматических пород, имеющую конкретный геологический, петрографический и петро-геохимический смысл. Одним из направлений формационной систематизации магматических пород эти исследователи, как и Ю. А. Кузнецов, считают выявление петролого-геохимических особенностей формационных типов (абстрактных формаций) на основании анализа их количественных характеристик.

Изложение основного материала

Как известно, составной частью геологических формаций являются исследуемые нами магматические, которые, в свою очередь, в зависимости от принятых критериев их идентификации [2, 3] рекомендуются подразделять на абстрактные (объединяющие конкретные формации независимо от их возраста) и конкретные (сообщества ассоциирован-

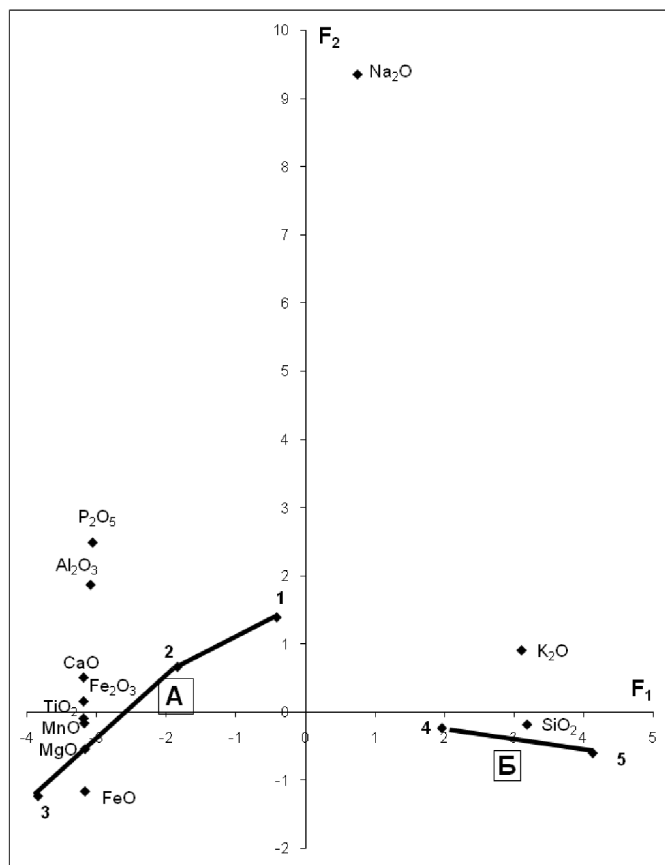


Рис. 1. Факторная диаграмма фигуративных точек химического состава основных видов пород вулканических образований Альпийского пояса Восточной Европы.
 Породы: 1 — базальты, 2 — андезибазальты, 3 — андезиты, 4 — дациты, 5 — риолиты.
 А, Б — тренды составов видов пород, выделенные по результатам кластеризации в пределах положительных значений коэффициентов корреляции

ных пород определённого возраста, развитые в пределах конкретных регионов) формации.

Поскольку исследованные нами вулканиды отобраны из разных провинций Альпийского складчатого пояса Восточной Европы, на первом этапе исследований попытаемся определиться с их формационным (абстрактным) типом. С этой целью используем возможности количественных методов исследований. Для этого всю совокупность петрографических разновидностей вулканических пород разделим по видам (базальты, андезибазальты, андезиты, дациты, риолиты) независимо от их территориальной принадлежности и возраста. Игнорирование этих критериев не влияет на конечный результат, так как нами в процессе исследований было установлено, что вещественные составы ассоциативных пород, представляющие ту или иную формацию, как правило, определяются геологическими условиями их становления. То, что химический состав горных пород определяется физическими условиями их образования, было установлено А. Миаширо [1].

В геологии эта причинная связь «состав — условия» известна как принцип Миаширо, что как раз и свидетельствует о целесообразности применения генетического подхода в формационном анализе вулканидов.

Для каждого вида пород определим средние содержания их макро — (11 петрогенных окислов) и 18 микрокомпонентов (Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Pb, Zn, Ga, Sn, Mo, Nb, Zr, Y, K, Na, Li, Rb). Сформированные выборки химического и элементного составов пород подвергнем процедурам кластер-анализа и факторного анализа методом главных компонент в режиме корреляционной матрицы (R-метод). При этом, как отмечает Л. Н. Дуденко [7], для получения корректных результатов достаточно иметь всего 4–6 представительных анализов проб (в нашем случае — это пять генерализованных по видам пород выборок), что нами, собственно без потери полезной информации соблюдено. В результате проведённой кластеризации химического состава исследованных пород в пределах положительных значений коэффициентов корреляции обозначились две группы А и Б, фигуративные точки которых в виде соединительных линий (трендов) вынесены на факторную диаграмму (рис. 1). Прежде всего, при её визуальном анализе обращает на себя внимание обособленное расположение трендов выделенных групп пород в различных частях диаграммы: А — в левой части, Б — в правой. К тому же их векторы сориентированы под небольшим углом друг к другу.

На наш взгляд, тесная скоррелированность отдельных видов пород внутри групп, а также пространственная разобщенность точек их химсостава на факторной диаграмме не является случайной. Очевидно, что отмеченные петрохимические особенности пород, выявленные по результатам кластеризации и факторного анализа, свидетельствуют об их формировании в различных геодинамических условиях. Если для базальтов мантийный способ петрогенезиса практически не подвергается сомнению, то для андезибазальтов и андезитов существует множество моделей образования, хотя в целом исследователями этих пород др. [4, 15] принимается коро-мантийная, что визуально подтверждается диаграммой: сближением их фигуративных точек на общем тренде, которые заметно удалены от точек состава мантийных базальтов.

Нахождение андезибазальтов и андезитов вместе с базальтами на общем тренде их составов свидетельствует об их генетической преемственности, а значит о ещё значительном влиянии мантийной компоненты при их становлении. В то же время, для дацитов и риолитов более реальным, по данным работ [4, 15], является коровый способ формирования, что, собственно, демонстрирует представленная диаграмма, хотя имеются также и другие варианты их генезиса, например, мантийный для кислых вулканидов Карпат (Л. Г. Данилович [5, 6]). Однако, это

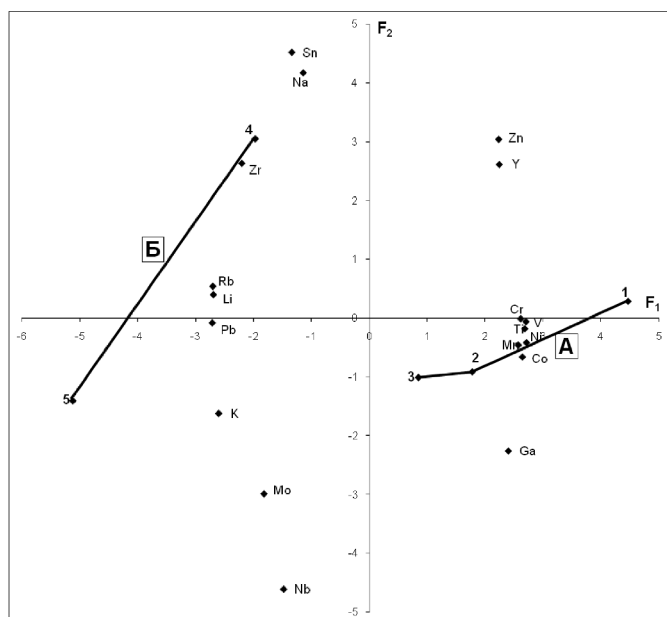


Рис. 2. Факторная диаграмма элементного состава основных видов пород вулканических образований Альпийского пояса Восточной Европы/ Условные обозначения те же, что на рис. 1.

предположение не подтверждается проведенными исследованиями. Как видим, существует явный разрыв в составе исследуемых пород, указывающий на прерывистый характер петрохимической эволюции основно-средних и кислых вулканических образований Альпийского пояса Восточной Европы, а следовательно и об отсутствии прямой генетической связи между ними.

Следует отметить, что химический состав исследованных пород контролируется в основном фактором $F1$, о чём свидетельствует значительная часть общей дисперсии (89,3%), тогда как на $F2$ приходится лишь 9,9%. В связи с первым фактором положительные значения факторных нагрузок отмечены (в порядке уменьшения) для SiO_2 , K_2O и отрицательные для TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MnO , Al_2O_3 , P_2O_5 . Значительное перераспределение дисперсии в пользу главного фактора является дополнительным подтверждением достоверности сделанных выводов.

Памятуя, что микроэлементы, как правило, следуют за макрокомпонентами, аналогичная математическая процедура была проведена с использованием выборок средних содержаний химических элементов по тем же видам вулканических пород. Конечные результаты, зафиксированные на факторной диаграмме (рис. 2) в виде трендов состава, не только не изменили наши выводы о предполагаемом петрогенезисе пород групп А и Б, но и укрепили их. Следует отметить, что на этот раз, доля в общей дисперсии фактора $F1$ несколько уменьшилась в связи с известной вариабельностью содержаний химических элементов по отношению к окислам и составила 74,8%, а $F2$ увеличилась до 18,4%. Изменился естественно и состав компонентов, связанных

с $F1$, представленный двумя полярными ассоциациями элементов: сидерофильной (Ni , V , Ti , Co , Cr , Mn) с положительными (в порядке уменьшения) значениями факторных нагрузок и литофильной (Rb , Li , K) с отрицательными значениями.

В целом, неовулканиты Альпийского складчатого пояса Восточной Европы представляют довольно сложную базальт — андезит — риолитовую ассоциацию, в составе которой с помощью математических методов исследований обосновывается выделение двух формационных типов: базальт-андезит-базальт-андезитового (базальт-андезитового) и дацит-риолитового. Последний известен также исследователям кислых вулканических образований Карпат под названием «риолит-дацит игнимбрит-пепловая формация» [6]. Следует отметить, что Е. Ф. Малеев [12] считал важным при выделении вулканических формаций использовать генетические принципы. В этой связи представляется целесообразным подразделение вулканитов первого формационного типа, исходя из предполагаемого петрогенезиса пород (хотя этот критерий и не является обязательным при их формационном расчленении) на два конкретных формационных типа: базальтовый (мантийный по происхождению) и андезит-андезитобазальтовый (коро-мантийный).

Выводы

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что применение петрохимической и геохимической информации по магматическим породам, находящимся в пределах единого вулканического пояса, в значительной степени может способствовать более объективной их формационной систематизации. Есть некоторая уверенность в том, что вулканитам разной кислотности (основным, средним, кислым) независимо от места их нахождения и возраста присущ свой особый, за редким исключением, способ становления, соответственно: мантийный, коро-мантийный и коровый.

Список литературы

1. *Беляев Г. М.* Петрология докембрийских гранитоидных пород Алдано-Тимптонского междуречья (Южная Якутия) / Автореф. канд. дис. — Л., 1977. — 27 с.
2. *Богатиков О. А., Коваленко В. И., Цветков А. А.* Петрографические формации и петрохимические серии // Магматические горные породы. Эволюция магматизма в истории Земли. Глава 1. — М.: Наука, 1987. — С. 7–18.
3. *Геологический словарь.* — М.: Недра, 1973. — Том. 2. — 456 с.
4. *Геохимия, петрофизика и вопросы генезиса новейших вулканитов Советских Карпат* / под. ред. проф. М. И. Толстого. — К.: Вища школа, 1976–187 с.
5. *Данилович Л. Г.* Магматизм и тектоника Карпат // *Геотектоника.* — 1972. — №3. — С. 87–97.
6. *Данилович Л. Г.* Кислый вулканизм Карпат / Данилович Л. Г. — К.: Наук. думка, 1976. — 147 с.
7. *Дуденко Л. Н.* Геохимические структуры эндогенных систем / Дуденко Л. Н. — Л.: Недра, 1981. — 199 с.

8. *Коптюх Ю. М.* Золото-полиметаллическое оруденение Внутрикarpатского вулканического пояса. — К.: Наук. думка, 1992. — 144 с.
9. *Кузнецов Ю. А., Белоусов А. Ф., Поляков Г. В.* Принципы построения систематики магматических формаций на основе их вещественного состава // Проблемы петрологии. — М.: Наука, 1976. — С. 36–45.
10. *Лазаренко Э. А., Гнилко М. К., Зайцева В. М.* Металлогения Закарпаття. — Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1968. — 163 с.
11. *Ляшкевич З. М., Яцожинский О. М.* Кайнозойский вулканизм Украинских Карпат и его значение для геодинамических реконструкций // Геофиз. журн. — 2004. — Том. 26, № 1. — С. 87–95.
12. *Малеев Е. Ф.* Сравнительная характеристика Восточных и Западных Карпат // Мат-лы VIII и IX съездов Карпато-Балканской геологической ассоциации. — К.: Наук. думка, 1974. — С. 196–202.
13. *Науменко В. В.* Закономерности размещения и формирования эндогенного оруденения Советских Карпат. — К.: Наук. думка, 1974. — 190 с.
14. *Науменко В. В., Гончарук А. Ф., Коптюх Ю. М.* Вулканогенное рудообразование в Паннонском срединном массиве. — К.: Наук. думка, 1986. — 132 с.
15. Состав, физические свойства и вопросы петрогенезиса новейших вулканических образований Армении / под. ред. М. И. Толстого. — Ереван: АН АрмССР, 1980. — 322 с.