

В. В. КЕПЕЖИНСКАС

**РАЗДЕЛЕНИЕ БАЗАЛЬТОВ И АНДЕЗИТОВ КАЙНОЗОЙСКОЙ  
КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ  
ПОСРЕДСТВОМ ДИСКРИМИНАНТНОЙ ФУНКЦИИ**

*(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 17 XII 1968)*

Петрохимическое разделение важнейших типов вулканогенных пород является одной из главных проблем в изучении химизма вулканических серий. Накопление больших объемов аналитического материала и развитие новых методов исследований ставит в число первоочередных задачу пересмотра систематики химических составов изверженных горных пород и создания количественной их классификации. Для вулканогенных пород, нередко обладающих неполнокристаллическим или стекловатым сложением, химический состав является одним из главных классификационных признаков. Проблема петрохимических расчетов, связи между минеральным и валовым химическим составом издавна привлекала внимание исследователей. Созданы разнообразные методы пересчета химических анализов, которые легли в основу различных петрохимических классификаций изверженных пород (<sup>5, 6, 8, 15</sup>). Тем не менее для вулканогенных образований, особенно при изучении большого количества аналитических данных, наиболее целесообразно использование для разделения пород на группы непосредственно данных химических анализов, минуя громоздкие их пересчеты.

Обычно в классификационных целях используют абсолютное или относительное содержание  $\text{SiO}_2$  в градациях Ф. Ю. Левинсона-Лессинга для вулканических пород. Однако разделение пород по содержанию  $\text{SiO}_2$  вызывает ряд возражений, наиболее четко сформулированных Д. С. Штейнбергом (<sup>13</sup>), и, по-видимому, не может применяться для строгого их разграничения по химическому составу.

Более перспективным является одновременное использование информации по всем окислам на основе значительных объемов аналитических данных с применением многомерного статистического анализа.

Настоящая работа преследует цель химически классифицировать основные и средние вулканогенные породы щелочноземельной серии на основе статистического рассмотрения совокупности вулканических образований Курило-Камчатской зоны при помощи метода дискриминантной функции, который использовали в различных классификационных целях ряд исследователей (<sup>1-3, 7, 10, 14</sup>).

В качестве исходного материала послужили около 800 анализов базальтов и андезитов, опубликованных по кайнозойской Курило-Камчатской вулканической провинции (<sup>11</sup>). Из их числа были исключены все анализы, в которых: а) сумма превышала 101% или была меньше 99%, б) содержание  $\text{H}_2\text{O}$  превышало 3%; в) отсутствовало определение какого-нибудь главного породообразующего окисла; кроме того, были изъяты анализы измененных пород.

Для вычисления дискриминантной функции ( $D_{(x)}$ ) из 800 анализов были выделены две эталонные группы: базальты ( $n = 71$ ) и андезиты ( $n = 83$ ). Породы эталонных групп отбирались только на основании минерального состава и структурных признаков согласно наиболее распро-

страненной в петрографической практике классификационной схеме Лаппарана — Лучицкого (9). При этом учитывался состав плагиоклаза в основной массе вулканогенных пород, состав фемической части, относительное количество цветных минералов и полевых шпатов, а также микроструктурные особенности. Таким образом, в эталонных базальтах плагиоклаз основной массы не кислее лабрадора, фемические минералы представлены оливнином, ромбическим и моноклинным пироксеном; структура основной массы — офитовая, микродолеритовая, интерсертальная. Соответственно эталонные андезиты характеризуются присутствием в основ-

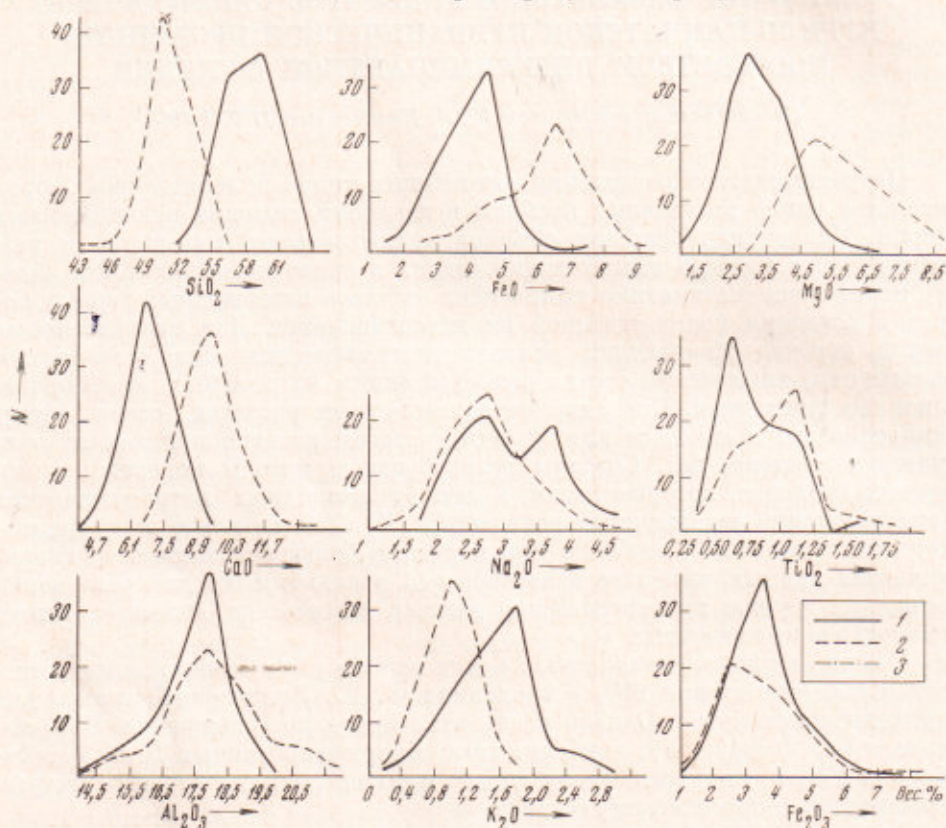


Рис. 1

ной массе плагиоклаза менее основного, чем лабрадор, преимущественно андезина, среди цветных минералов отмечаются амфибол и пироксены; структура основной массы — андезитовая, микродиоритовая, пилотакситовая. В эталонные группы не включались анализы пирокластических пород.

Необходимо отметить, что из числа эталонных групп исключена промежуточная группа андезито-базальтов, которые в естественных ассоциациях вулканогенных пород местами играют значительную роль. Для выделения эталонных андезито-базальтов нет достаточно веских петрографических оснований (минеральный состав и структура). Возможность использования петрохимических признаков, скажем, как это сделано в классификации Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, в этом случае исключается, ибо ставится цель — выявить наиболее информативные химические особенности групп пород и выяснить возможность проведения границы между ними исходя из результатов химического анализа. Следовательно, полученные нами эталонные группы являются смешанными группами: базальты с примесью основных андезито-базальтов и андезиты с примесью более кислых андезито-базальтов. Как будет показано ниже (см. рис. 2),

количество андезитов-базальтов, попавших в эталонные группы, незначительно.

Кривые распределения главных породообразующих окислов, построенные для эталонных базальтов и андезитов, приведены на рис. 1\*. Отчетливо видно, что ни один из окислов не может быть принят за основу при проведении границы между этими группами, так как существуют значительные области перекрытия, хотя различия распределений по некоторым окислам ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ) значимы. Соответствующие значения критерия «хи-квадрат» (<sup>12</sup>) следующие:

$$\begin{aligned} \chi_{\text{SiO}_2}^2 &= 18,8, & \chi_{\text{O}_1}^2 &= 11,3, & f &= 3, & \chi_{\text{SiO}_2}^2 &> \chi_{\text{O}_1}^2; \\ \chi_{\text{CaO}}^2 &= 40,6, & \chi_{\text{O}_1}^2 &= 11,3, & f &= 3, & \chi_{\text{CaO}}^2 &> \chi_{\text{O}_1}^2; \\ \chi_{\text{FeO}}^2 &= 31,7, & \chi_{\text{O}_1}^2 &= 11,3, & f &= 3, & \chi_{\text{FeO}}^2 &> \chi_{\text{O}_1}^2. \end{aligned}$$

Таким образом, возникает необходимость использовать одновременно всю информацию, заключенную в анализе, путем расчета соответствующей

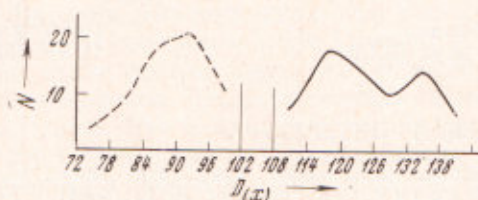


Рис. 2

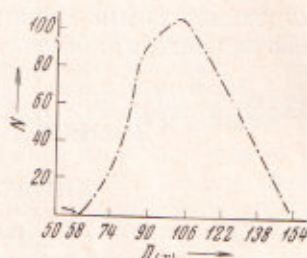


Рис. 3

щей дискриминантной функции, подробное вычисление которой предложено М. Е. Деминной и О. М. Калинин (4). Уравнение дискриминантной функции для эталонных базальтов и андезитов, вычисленной по 10 главным породообразующим окислам (вес. %), имеет следующий вид:

$$D_x = -2,65\text{SiO}_2 + 2,5\text{TiO}_2 + 0,45\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,27\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,91\text{FeO} + 1,67\text{MnO} + 2,19\text{MgO} + 2,14\text{CaO} - 0,63\text{Na}_2\text{O} + 3,05\text{K}_2\text{O} \dots \quad (1)$$

Распределение величин дискриминантной функции (рис. 2) показывает, что области составов эталонных базальтов и андезитов не перекрываются. Существует даже область «разрыва», соответствующая значениям  $D_{(x)}$  102—208, в которую не попадает ни один из анализов базальта или андезита. Это также свидетельствует о том, что примесь пород промежуточного состава в эталонных группах незначительна.

Таким образом, эталонные группы базальтов и андезитов Курило-Камчатской вулканической провинции, выделенные по минеральному составу и структурным особенностям, вполне определенно различаются и по химическому составу (с учетом всей совокупности информации по содержанию 10 важнейших окислов). Эталонные базальты можно охарактеризовать значениями  $D_{(x)}$  72—102, андезиты  $D_{(x)}$  108—146.

Полученное выражение дискриминантной функции может быть использовано в классификационных целях, когда возникает необходимость отнесения единичного анализа вулканогенной породы к базальтам или андезитам. Если  $D_{(x)}$ , рассчитанная по формуле (1), больше 105, порода относится к андезитам, если  $D_{(x)} \leq 105$  — к базальтам.

Включив в расчет дискриминантной функции всю массу анализов (неэталонных) четвертичных пород основного и среднего состава Курил

\* На рис. 1—3  $N$  — абсолютная частота; 1 — эталонные андезиты; 2 — эталонные базальты, 3 — андезиты и базальты вместе ( $n = 656$ ).

и Камчатки ( $n = 656$ ), можно построить распределение величин  $D_{(x)}$ . Полученное распределение близко к нормальному (рис. 3) и имеет максимум в классе значений  $D_{(x)}$  98—106. Это означает, во-первых, что в отношении химических составов в пределах Курило-Камчатской вулканической зоны существует непрерывный ряд от базальтов до андезитов с резким преобладанием промежуточных разновидностей, которые и обуславливают такой тип кривой (рис. 3). Для выделения этих промежуточных разновидностей в самостоятельную группу необходимо было бы построить распределение  $D_{(x)}$ , скажем, для андезитов и андезито-базальтов и т. д., выделенных аналогично эталонным группам на основе минерального состава и структурных признаков. По соображениям, высказанным выше, этот принцип не может быть применен в данном случае. Тем не менее при необходимости получить одну или несколько промежуточных групп этот непрерывный ряд можно разбить условными границами, наподобие номенклатуры плагиоклазов. Например, базальты  $D_{(x)} < 95$ ; андезито-базальты  $D_{(x)} 95—115$ ; андезиты  $D_{(x)} > 115$ .

Во-вторых, общий вид кривой распределения  $D_{(x)}$  для всей массы основных пород щелочноземельного ряда определенно показывает, что в четвертичное время Курило-Камчатская вулканическая зона формировалась как андезито-базальтовая петрохимическая провинция.

† Институт геологии и геофизики  
Сибирского отделения Академии наук СССР  
Новосибирск

Поступило  
11 XII 1968

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. Н. Бондаренко, Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., отд. геол., 42, № 3 (1967). <sup>2</sup> С. В. Гольдин, В. А. Кутolini, Сов. геология, № 12 (1964). <sup>3</sup> В. В. Груза, ДАН, 167, № 5 (1966). <sup>4</sup> М. Е. Демина, О. М. Калинин, Вопросы математической геологии, № 1, «Наука», 1967. <sup>5</sup> А. Н. Заварицкий, Пересчет химических анализов горных пород, 1941. <sup>6</sup> А. Н. Заварицкий, Введение в петрохимию изверженных горных пород, 1950. <sup>7</sup> К. Б. Кеппелин, Статистический анализ хлоритов и их парагенетические типы, «Наука», 1965. <sup>8</sup> Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Известия геологического комитета, № 4 (1925). <sup>9</sup> В. И. Луцкий, Петрография, 11, 1949. <sup>10</sup> И. Г. Павлова, З. В. Агукина, ДАН, 177, № 6 (1967). <sup>11</sup> Петрохимия кайнозойской Курило-Камчатской вулканической провинции, ред. Э. Н. Эрлих, «Наука», 1966. <sup>12</sup> В. Ю. Урбах, Биометрические методы, «Наука», 1964. <sup>13</sup> Д. С. Штейнберг, Тр. Инст. геологии УФ АН СССР, в. 72, 1964. <sup>14</sup> F. Chayes, D. Velde, Am. J. of Science, 1, 263, № 3 (1965). <sup>15</sup> Perry Kenneth, jr., Contribs. Geol., 6, № 1 (1967).