

**А.К. Трутнев**

ФГБОУ Уральский государственный горный университет,  
г. Екатеринбург

**ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КИСЛОГО  
ВУЛКАНИЗМА САБЛЕГОРСКОГО КОМПЛЕКСА  
(ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

Изучение состава горной породы с использованием петрохимических, геохимических и других аналитических исследований позволяют получить количественную информацию о содержании химических элементов, более точно диагностировать изучаемый объект и создать представление о его генезисе. Кислые вулканы саблегорского субвулканического комплекса (Приполярный Урал) представлены риолитами, трахириолитами, риодацитами, трахидацитами и дацитами с высокими содержаниями кремния, вплоть до ультракислых разновидностей, от низко-щелочного до умеренно-щелочного ряда известково-щелочной серий пород. По характеру концентрации элементы-примеси имеют очень близкое распределение с внутриконтинентальными обстановками.

*Ключевые слова: Приполярный Урал, саблегорский субвулканический комплекс, петрохимические диаграммы, рассеянные и редкоземельные элементы.*

**DOI: 10.17072/chirvinsky.2022.265**

Саблегорские субвулканические образования объединяют малые тела и дайки риолитов, трахириолитов и трахидацитов распространенных на территории Приполярного Урала. Выходы пород контролируются крупными разломами субмеридионального (Североманьхамбовский, Верхнеталтминский, Парьяурский) и северо-западного (Тильтильминский, Попьельский) направлений, а также широко представлены в виде радиальных и кольцевых даек в строении палеовулканических структур (Западновольтинская, Подчеремско-Тельпоская и Яныманьинская) [1,2].

Кислые вулканы представлены породами от светло-серого с лиловым оттенком до вишнево-серого цветов, измененные березитизированные разности осветлены. Текстура массивная или флюидальная, до сланцеватой; структура порфировая или редкопорфировая, иногда афирровая; излом часто раковистый. Основная масса – микрозернистая; микроструктура фельзитовая, аллотриоморфнозернистая, представленная достаточно сложно

идентифицируемым кварц-полевошпатовым агрегатом. Минеральный состав: плагиоклаз от альбита до андезина; диагностируются удлиненные зерна роговой обманки (до 10 %) и мелкие зерна эпидота (до 5 %). Вкрапленники представлены кварцем (10-40 %), ортоклазом (до 30 %) и плагиоклазом (до 20 %); редко отмечается биотит. Вторичные минералы – серицит, хлорит, карбонат. Акцессорные минералы составляют не более 3-5 % - циркон, магнетит, гематит, титанит, айкинит, ортит, пироксид, сфалерит.

По результатам различных проведенных анализов, в частности определении содержаний петрогенных оксидов при помощи рентгенофлуоресцентного (силикатного) анализа и содержаний микроэлементов, редких и рассеянных элементов методом индукционно-связанной плазмы с масс-спектрометрическим окончанием анализа (ICP-MS), удалось установить петрохимическую и геохимическую характеристику кислого вулканизма саблегорского субвулканического комплекса (Приполярный Урал).

Кислые породы саблегорского субвулканического комплекса согласно классификационной петрохимической диаграммы  $\text{SiO}_2$ - $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  (рис. 1А) представлены риолитами, трахириолитами, риодацитами, трахидацитами и дацитами. Вулканиды кислого состава обладают достаточно высоким содержанием кремния, вплоть до ультракислых разновидностей ( $\text{SiO}_2$  от 66,4 до 78 мас. %), широким диапазоном содержания щелочей от низко-щелочного до умеренно-щелочного ряда ( $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O} = 5,2-8,7$  мас. %), низким содержанием  $\text{TiO}_2$  (0,09-0,66 мас. %),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0,01-0,13 мас. %),  $\text{MnO}$  (0,01-0,12 мас. %), варьирующим содержанием  $\text{CaO}$  (0,23-4,57 мас. %),  $\text{MgO}$  (0,05-2,41 мас. %), повышенной железистостью ( $X_{\text{Fe}} = 0,51-0,96$ ) (рис. 1Б), окисная форма железа преобладает над закисной ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} = 2,1-17,5$ ), метаглиноземистые ( $\text{A}/\text{CNK} = 0,68-1,0$ ), редко насыщены глиноземом ( $\text{A}/\text{CNK} = 1,2-1,49$ ) (рис. 1В) и имеет невысокое отношение  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  (от 1,4 до 14). В породах часто фиксируется резкое преобладание натрия над калием ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1,9-67$ ), редко наблюдается обратная картина с незначительным преобладанием калия ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1,05-3,69$ ). На диаграмме  $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO})-\text{SiO}_2$  большинство точек составов располагается в пределах известковой серией пород (рис. 1Г).

Согласно классификационной диаграммы AFM (рис. 1Д) кислые вулканиды саблегорского комплекса относятся к известково-щелочной серии. На петрохимической диаграмме  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  (рис. 1Е) наблюдается весьма широкий диапазон серий. Однако, большинство фигуративных точек составов пород фиксируются в диапазоне известково-щелочной



серий с высоким содержанием калия. Таким образом, можно сделать вывод о том, что вулканы саблегорского комплекса относятся к известково-щелочной серий пород.

На петрохимических диаграммах Харкера установлены зависимости изменений содержаний практически всех петрогенных оксидов от концентраций  $\text{SiO}_2$ , исключением являются  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ . Среди редких элементов закономерность прослеживается только с цирконием. С увеличением содержания  $\text{SiO}_2$  уменьшается концентрация оксидов магния, общего железа, титана, кальция, фосфора, алюминия, марганца и редкого элемента – циркония. По содержанию  $\text{K}_2\text{O}$  кислые вулканы саблегорского комплекса соответствуют породам умеренно-калиевого состава.

По геохимическим характеристикам кислые эффузивные породы обладают достаточно контрастным и неоднородным содержанием микроэлементов. Среди содержаний элементов можно отметить стабильно высокие кларки концентрации ( $K_k > 1,5$ ) Nb, Ag, Te; дефицит ( $K_k < 0,7$ ) – Li, Ti, V, Mn, Co, Ni, Rb, Sr, In, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi. В спектрах концентрации Be, Sc, Cr, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Y, Zr, Mo, Pd, Cd, Sn, Sb, I, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Th, U фиксируется большой разброс содержаний элементов. Согласно классификации В. Гольдшмидта (1924) с дополнениями, кислые вулканы саблегорского субвулканического комплекса имеют халькофильную специализацию [3].

По характеру поведения РЗЭ в кислых породах разделились на две подгруппы (рис. 2). В первой наблюдается незначительный отрицательный наклон (13-230, 12-219-5, 12-690 и др.). Это обусловлено преобладанием легких РЗЭ (La-Nd) относительно средних (Sm-Ho) и тяжелых (Er-Lu) элементов ( $\text{La/Yb} = 4,5-10,6$ ) и отрицательной европиевой аномалией ( $\text{Eu/Eu}^* = 0,05-0,34$ ). Сумма лантаноидов находится на уровне 127,5-1219,2 г/т.

Во второй подгруппе лантаноиды представлены V-образным графиком (13-230а, 14-242-2, М-07-13 и др.) с отрицательным трендом ( $\text{La/Yb} = 1,3-3,4$ ) и четкой отрицательной европиевой аномалией ( $\text{Eu/Eu}^* = 0,04-0,15$ ). Общее содержание РЗЭ составляет от 31,5 до 192 г/т, отвечая изменённым разностям. В обеих подгруппах наблюдается преобладание легких лантаноидов над тяжелыми и четкая отрицательная европиевая аномалия. Предположительно, такое поведение РЗЭ и европиевой аномалии вызвано фракционированием при плавлении исходного вещества (частичным плавлением) [4].

Для рассеянных и редкоземельных элементов кислых вулканитов саблегорского субвулканического комплекса характерен большой

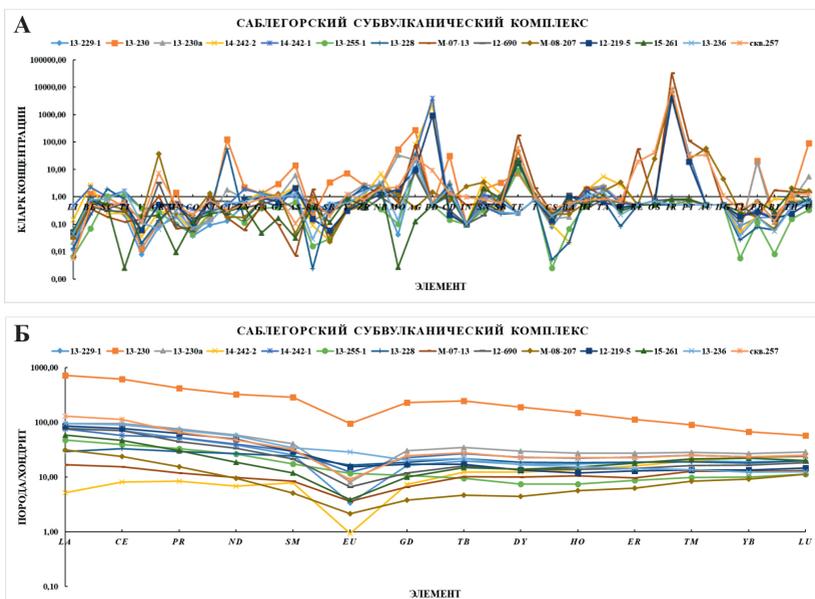


Рис. 2. А - Кларки концентрации микроэлементов в кислых породах саблегорского субвулканического комплекса; Б - Распределение РЗЭ в кислых породах саблегорского субвулканического комплекса нормализованных к хондриту C1 (Boynnton, 1984) разброс содержаний элементов. Наиболее близким составом обладают базальты океанических островов [6]. В большинстве случаев отмечается высокие концентрации крупноионных (Rb, K, Ba), высокозарядных (Th, U, Ta, Y) и легких РЗЭ. Наличие отрицательных аномалии по Cs, Nb, Pb, P и Ti сближает их по форме спектра с валовым составом верхней континентальной коры. Возможно, эта близость связана с процессом контаминации базальтоидного расплава с коровым веществом. Крупноионные некогерентные и легкие редкоземельные элементы, равно как и U и Th значительно преобладают над тяжелыми РЗЭ. Такое поведение крупноионных литофильных элементов (LILE), Th и U, а также минимумы высокозарядных элементов (HFSE) могут быть связаны и с процессами флюидного воздействия на мантийный расплав предшествующих процессов субдукции [4]. По характеру концентрации элементы-примеси имеют очень близкое распределение с внутриконтинентальными обстановками [5].

Таким образом кислые вулканические породы саблегорского субвулканического комплекса представлены риолитами, трахириолитами, риодацитами, трахидацитами и дацитами с высоким содержанием кремния, вплоть до ультракислых разновидностей,

от низко-щелочного до умеренно-щелочного ряда известково-щелочной серий пород. Согласно классификации В. Гольдшмидта (1924) с дополнениями, кислые вулканы имеют халькофильную специализацию с высокими концентрациями Nb, Ag, Te. По характеру поведения РЗЭ в кислых породах наблюдается преобладание легких лантаноидов над тяжелыми и четкая отрицательная европиевая аномалия. Предположительно, такое поведение РЗЭ и европиевой аномалии вызвано фракционированием при плавлении исходного вещества (частичным плавлением) [4]. По характеру концентрации элементы-примеси имеют очень близкое распределение с внуконтинентальными обстановками [5].

#### *Библиографический список*

1. Душин В.А., Сердюкова О.П., Малюгин А.А., Козьмин В.С. и др. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Северо-Уральская. Лист Р-40-VI (г.Тельпос-Из) Объяснительная записка - СПб: Картофабрика ВСЕГЕИ 2018, 216с.
2. Душин В.А., Сердюкова О.П., Малюгин А.А., Козьмин В.С. и др. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Северо-Уральская. Лист Р-40-XII (г. Кожим-Из) - М: Московский филиал ФГБУ ВСЕГЕИ 2017, 263с.
3. Килипко В.А., Криночкин Л.А., Шаройко Ю.А., Гуляева Н.Г., Гусев Г.С. и др. Требования к содержанию и оформлению материалов геохимических основ масштаба 1:200 000 Госгеолкарты – 200/2 – М: ИМГРЭ, 2020, стр. 100, библ. 47, графических прил. 6, текстовых приложений 26.
4. Мартынов Ю. А. Основы магматической геохимии. Владивосток : Дальнаука, 2010. – 228 с.
5. Фролова Т.И., Бурикова И.А. Магматические формации современных геотектонических обстановок. Уч. пособие. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - 320 с
6. Sun S.S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Magmatism in Ocean Basins.* – Geol. Soc. London Spec. Publ. – 1989. – Vol. 42. – P. 313–346.

## PETROCHEMICAL FEATURES OF ACID VOLCANISM OF THE SABLEGORSK COMPLEX (SUBPOLAR URALS)

**A.K. Trutnev**

*tema.trutnev@yandex.ru*

The study of the composition of the rock using petrochemical, geochemical and other analytical studies makes it possible to obtain quantitative information about the content of chemical elements, more accurately diagnose the object under study and create an idea of its genesis. Acidic volcanics of the sablegorsk subvolcanic complex (Subpolar Urals) are represented by rhyolites, trachyrhyolites, rhyodacites, trachydacites and dacites with high silicon contents, up to ultra-acidic varieties, from low-alkaline to moderately alkaline calc-alkaline series of rocks. By the nature of their concentration, trace elements have a very similar distribution with inner continent.

*Keywords: Subpolar Urals, Sablegorsk subvolcanic complex, petrochemical diagrams, scattered and rare earth elements.*