

Петрология и геохимия Удинских вулканов

Чурикова Т.Г.¹, Гордейчик Б.Н.^{1,2}, Флеров Г.Б.¹, Вёрнер Г.³

Petrology and geochemistry of the Udinsky volcanoes

Churikova T.G., Gordeychik B.N., Flerov G.B., Wörner G.

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;
e-mail: tchurikova@mail.ru

² Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка

³ Geowissenschaftliches Zentrum Göttingen, Abteilung Geochemie, Universität Göttingen, Göttingen, Germany

Приводятся новые данные о минералогии, петрохимии и геохимии пород Удинских вулканов и пород их основания – Удинского дола. Показана близость пород Удинских вулканов и пород вулкана Безымянный.

Средне-позднеплейстоценовые вулканы Большая и Малая Удины (Удинские сопки) на ЮЗ Ключевской группы вулканов (КГВ) в настоящее время не активны и изучались лишь в 60-х гг. прошлого века [2]. Однако, с ноября 2017 г. по март 2018 г. под Удинскими сопками произошла сейсмическая активизация и было зафиксировано более 600 землетрясений, что может указывать на возможную активность этого района в будущем [1]. Близость составов пород вулкана Большая Удина и вулкана Безымянный, известного своими взрывными извержениями, заставляет с пристальным вниманием отнестись к указанной активизации и к более детальному изучению Удинских сопки. Также заметим, что в Ключевской группе Удинские сопки занимают наиболее приближенную к преддуговому желобу позицию и могут предоставить информацию о геохимической зональности с востока на запад внутри КГВ.

Породы стратовулкана Большая Удина в основном представлены 2-Рх-Р1 андезибазальтами и андезитами, существенно Р1 андезитами, в то время как экструзии и пемзовые образования начального этапа формирования вулкана – Нbl андезитами и дацитами. Пороодообразующие минералы представлены Ol, Срх, Орх, Р1 (рис. 1), бурой и зеленой Нbl, рудная фаза – TiMt (TiO₂ от 7 до 16 %). Количество темноцветных минералов невысокое (1-5 %) и уменьшается в ходе эволюции пород. Количество Р1 меняется от 15-20 % в андезибазальтах до 80 % в пемзах. Многие фенокристаллы Р1 в породах стратовулкана резорбированы, предполагая смешение расплавов, в то время как в экструзиях и пемзах резорбция редка. В андезитах и дацитах встречаются Ar и Q.

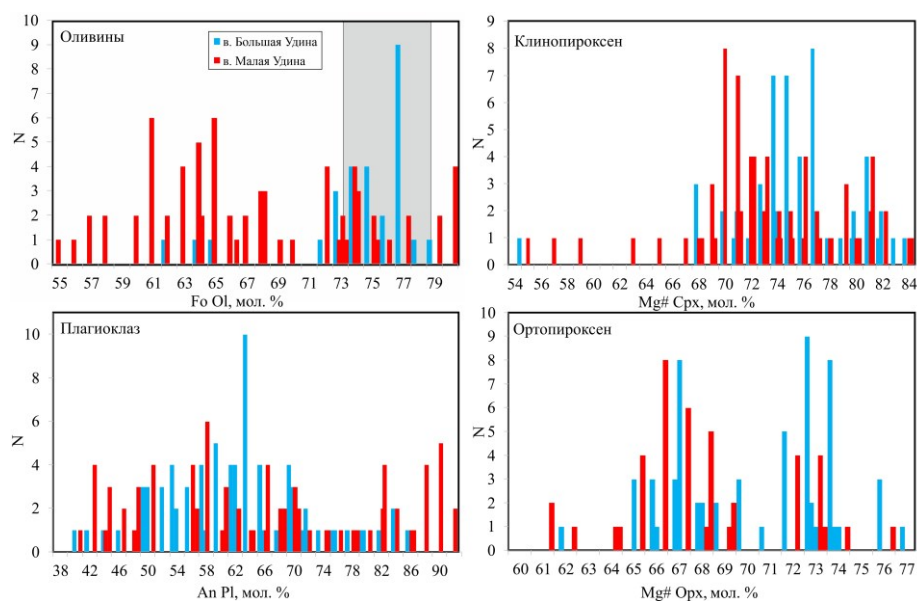


Рис. 1. Составы пороодообразующих минералов в базальтах и андезибазальтах Удинских сопки. Серым полем показан диапазон составов оливинов, равновесный с изучаемыми породами.

У СВ подножия вулкана опробован разрез с видимой мощностью 50 м, представленный переслаиваниями дацитовых белых и желтых пемз с Hbl дацитами, которые залегают линзами или относительно продолжительными прослоями. Такие обнажения были прослежены вдоль всего северного и северо-западного подножия вулкана. Кроме того, развал пемз размером до 5 см был встречен в ВЮВ секторе вулкана на высоте 2030 м. Эти пемзы субафировые и не содержат Hbl.

Породы вулкана Малая Удина представлены Ol-Crx-P1 базальтами, Ol-2Pх-P1 базальтами и андезибазальтами и 2Pх-P1 андезибазальтами с содержанием темноцветных минералов от 13 % в базальтах до 3 % в андезибазальтах. Кристаллы Ol могут быть идиоморфными или округлыми и окружены толстой каймой Pх, каймы P1 и Pх зачастую резорбированы, все это свидетельствует об активном смешении расплавов.

Породы Удинского плато представлены Ol базальтом, редкопорфировым Pх-P1 андезитом и афировым стекловатым андезитом.

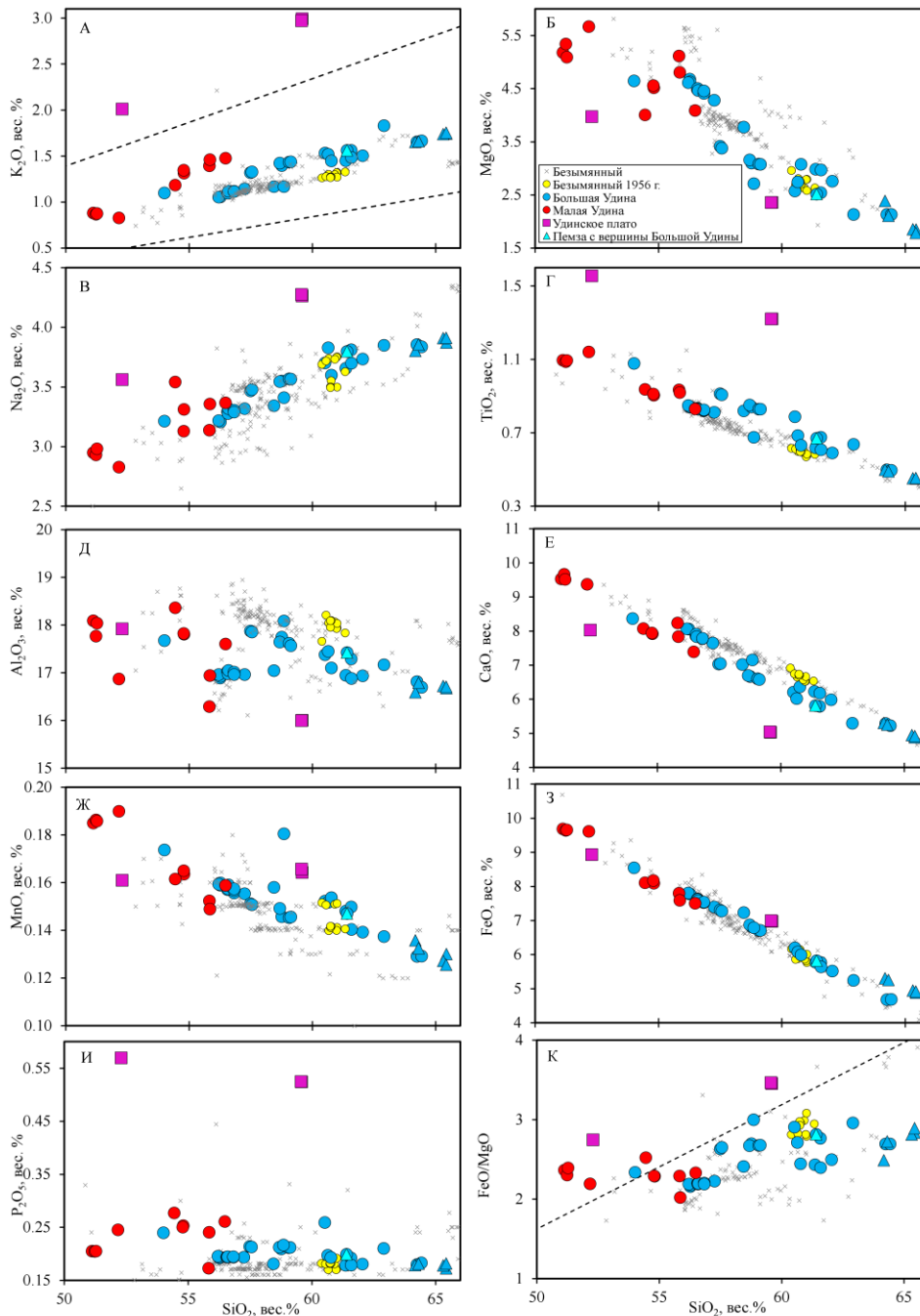


Рис. 2. Концентрации элементов и их отношений в зависимости от SiO₂ в породах Удинских Сопок и Удинского плато. Треугольниками показаны пемзы.

Составы минералов в породах Удинских сопков показаны на рис. 1. На всех графиках фигурируют 2 или 3 пика, что свидетельствует о смешении расплавов до извержения. Это подтверждается и петрографией пород. Так, в базальте Малой Удины присутствуют только несколько равновесных кристаллов ОI с Fo_{73-75} , а главный пик приходится на ОI с Fo_{61-65} . В то же время в наиболее основном андезибазальте вулкана Большая Удина большинство фенокристаллов ОI равновесны и имеют пик на Fo_{77} . В результате основные породы Малой Удины зачастую обогащены более железистыми минералами (рис. 1), чем кислые вулканиты Большой Удины. По малым элементам минералы обоих вулканов формируют очень близкие тренды (не показано).

Породы стратовулканов представлены средне-К известково-щелочными лавами от андезибазальтов до дацитов, за исключением четырех низко-Mg базальтов Малой Удины (рис. 2). Базальты Малой Удины встречены в нижней части, в теле и на вершине вулкана. Андезибазальты слагают лавовые потоки и дайки и чередуются с базальтами. Стратовулкан Большой Удины в целом сложен андезибазальтами, а наложенные экструзии имеют андезитовый состав. Наиболее кислые дацитовые пемзовые обнажения встречены нами в нижней части вулкана. Таким образом, закономерностей в составах лав относительно эволюции вулканов не обнаружено.

Породы вулканов формируют субпараллельные петрохимические тренды, при этом лавы Малой Удины более основные ($SiO_2=51-56.5$; $MgO=4-5.6$), чем Большой Удины ($SiO_2=54-65.5$; $MgO=1.8-4.7$), и характеризуется повышенными содержаниями K_2O , Na_2O , P_2O_5 , Ва (рис. 2а-г), а также других литофильных и легких редкоземельных элементов и их отношений, в т.ч. Rb/Ba, Ce/Y, La/Nb, Th/Nb (рис. 2д-з). Породы Большой Удины практически аналогичны по составам породам активного ныне вулкана Безымянный, в то время как лавы Малой Удины заметно от них отличаются (рис. 2, [1]). Распределение микроэлементов в породах обеих Удинских сопков схоже и характерно для типичного островодужного вулканизма (рис. 3). Однако содержания Sr, TiO_2 и тяжелых редкоземельных элементов в лавах Малой Удины систематически выше, а высокозарядных элементов (Nb, Ta, Hf, Zr) ниже, чем в породах Большой Удины.

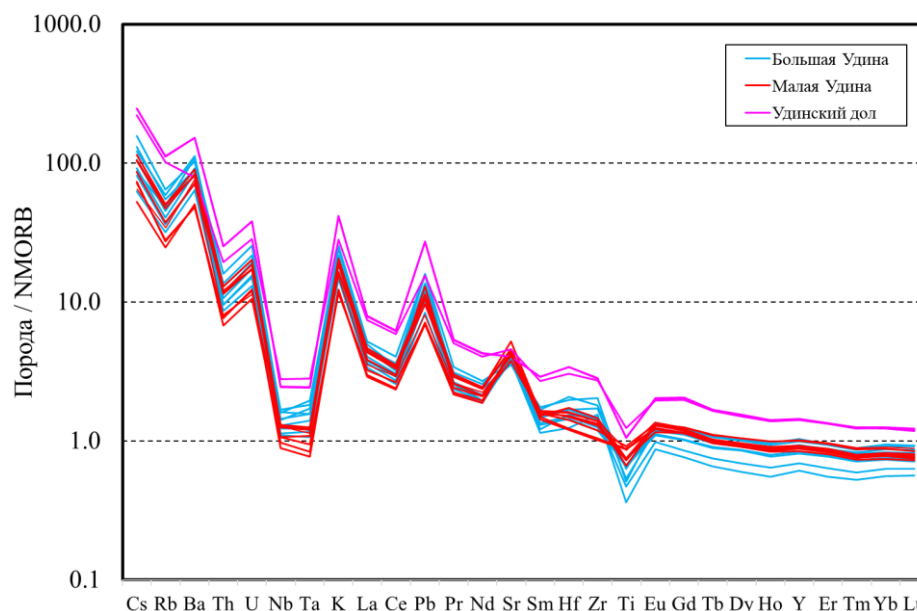


Рис. 3. NMORB-нормализованная спайдер-диаграмма пород Удинских сопков и Удинского дола.

Породы Удинского плато являются высоко-К трахиандезибазальтами и трахиандезитами (рис. 2). Они обогащены по всем несовместимым микроэлементам в сравнении с Удинскими сопками (рис. 3) и аналогичны лавам основания КГВ в долине реки Студеной [3], которые образовались в период 262-274 тыс. лет назад [4].

Разница в составах пород двух вулканов может иметь несколько причин. Повышенные значения La/Nb и Th/Yb в породах вулкана Малая Удина (рис. 2ж, рис. 4г, соответственно) могут свидетельствовать о добавке осадочного материала в источник этого вулкана. А обогащение по Th/Nb, La/Nb, Th/Yb и La/Yb отношениям (рис. 2ж-з, рис. 4б, г) может говорить об ассимиляции корового материала. Чтобы подтвердить или опровергнуть эти предположения, необходимы сведения об изотопных систематиках Pb и Sr. Кроме того, повышенные значения La/Yb могут указывать на меньшую степень плавления мантийного источника под вулканом Малая Удина.

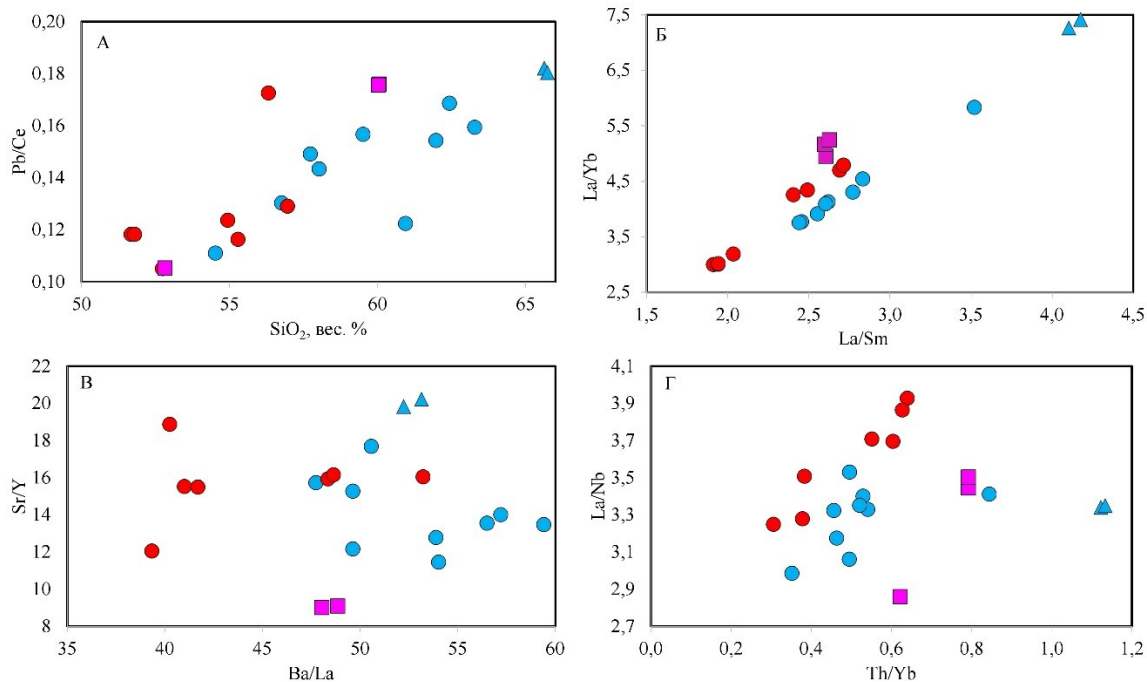


Рис. 4. Отношения микроэлементов в породах Удинских сопок и их основания.

Полевые работы проводились в рамках темы НИР FWME-2024-0009, составы минералов измерялись в рамках темы НИР FWME-2024-0012, составы пород – в рамках темы НИР FMUF-2022-0004.

Список литературы

1. Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А., Чурикова Т.Г. и др. Сейсмическая активизация и петрология пород Удинских вулканов // Волынцовские чтения. I Всероссийская конференция по петрологии и геохимии зон перехода «океан-континент», посвященная памяти О.Н. Волынца. Материалы конференции. 25-27 сентября 2018 г., Петропавловск-Камчатский / Гордеев Е.И. (Ред.). Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С. 24-25.
2. Тимербаева К.М. Петрология Ключевских вулканов на Камчатке. М.: Наука, 1967. 209 с.
3. Чурикова Т.Г., Гордейчик Б.Н., Флеров Г.Б. и др. Петрологическая, геохимическая и изотопная эволюция Толбачинского вулканического массива // Толбачинское трещинное извержение 2012-2013 гг. (ТТИ-50) / Гордеев Е.И., Добрецов Н.Л. (Ред.). Новосибирск: Издательство СО РАН, 2017. С. 131-172.
4. Calkins J.A. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of Khapitsa plateau and Studyonaya river basalts and basaltic andesites in Central Kamchatka Depression, Kamchatka, Russia // Linkages among Tectonics, Seismicity, Magma Genesis, and Eruption in Volcanic Arcs. IV International Biennial Workshop on Subduction Processes Emphasizing the Japan-Kurile-Kamchatka-Aleutian Arcs. Petropavlovsk-Kamchatsky, August 21-27, 2004 / Gordeev E.I. (Eds). Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS FEB RAS, 2004.