

## К СРАВНИТЕЛЬНОЙ ПЕТРОЛОГИИ ВУЛКАНОВ МУТНОВСКИЙ И ГОРЕЛЫЙ (КАМЧАТКА): РОЛЬ ПЛОТНОСТНОГО ФАКТОРА

О.Б. Селянгин

Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
e-mail: nigtc@kscnet.ru

Два соседних многоконусных вулкана (в.), Мутновский и Горелый, располагаются в зоне отрицательной гравитационной аномалии у сочленения горст-антаклинория Берегового хребта Южной Камчатки и Южно-Камчатского прогиба [Селянгин, 2009]. Геологическая интерпретация аномалии предполагает опускание кровли мелового фундамента района от 1,5 км под в. Мутновский до 3,0 км под внутрикальдерным в. Горелый (Гореловским вулканическим центром).

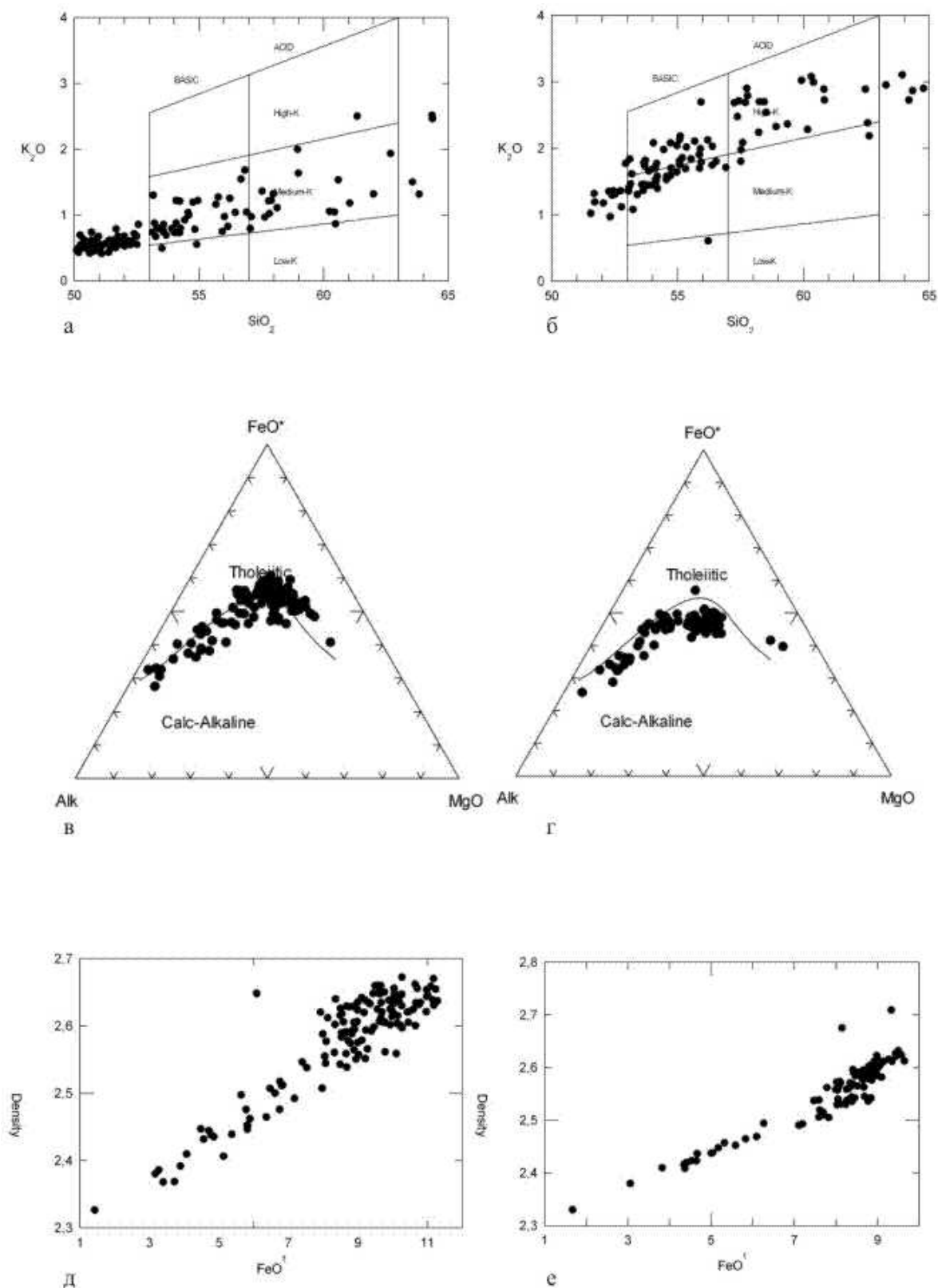
Состав пород вулканов отражает их позицию в зоне перехода континент-океан и, соответственно, в системе поперечной зональности островодужных геоструктур. Породы ближайшего к океану в. Мутновский относятся к высокоглиноземистой, умеренно-щелочной, умереннокалиевой толеитовой серии (рис. 1а, в), с обогащением её промежуточных, базальт-андезито-базальтовых производных окислами железа. Часть таких пород, однако, обогащения железом не обнаруживает и этим близка к известково-щелочной серии.

В постройке в. Мутновский абсолютно преобладают базальты и андезито-базальты, слагающие до 80% её объема. По минеральному и химическому составам базальтоиды варьируют между тремя их крайними разновидностями: умеренно-магнезиальными, с повышенным количеством вкрапленников оливина и авгита в ассоциации с анортитом; широко распространенными высокоглиноземистыми, существенно плагиоклазовыми базальтами; афировыми-субафировыми высокожелезистыми базальтами и андезито-базальтами. Образование пород этих типов обеспечивается фракционированием указанной ассоциации минералов: селективной отсадкой из магнезиальных магм оливина и авгита, дающей плагиоклаз-обогащенные высокоглиноземистые составы, или совместным удалением всех трех минералов, обогащающим остаточные расплавы железом.

Породы среднего – кислого состава содержат в качестве вкрапленников более натровый плагиоклаз, авгит, гиперстен и титаномагнетит, начало кристаллизации которого прекращает обогащение расплавов железом и меняет направление эволюции серии в сторону обогащения магмы кремнеземом и щелочами.

Смешение магм разных стадий дифференциации было вторым по значимости фактором наблюдаемого разнообразия пород в. Мутновский. Продукты этого процесса, преимущественно средних составов, приобретают сериальные признаки известково-щелочных. В зависимости от контрастности составов и объемных соотношений смешивавшихся магм формировались либо внешне однородные породы, но с минералами обеих вышеописанных ассоциаций, либо неполностью гомогенизированные полосчатые разности, либо кислые лавы брекчиевидного облика из-за многочисленных включений базальтоидов – результата внедрения, дезинтеграции и закалочной кристаллизации горячей базитовой магмы в более холодной кислой.

Базальт-риодацитовая серия пород Гореловского вулканического центра, удаленного от океана на 12 км далее, чем в. Мутновский, показывает заметные петрохимические отличия от продуктов деятельности последнего. Подавляющая масса средних –кислых пород серии сосредоточена в докальдерных образованиях центра, в отложениях кальдерообразующих извержений и в первом из трех конусов современной постройки. В середине структуры центра базальты проявились на в.в. Горелый-2 и -3, однако абсолютно преобладающими в их постройках и в одновозрастных им побочных прорывах являются гибридные андезито-базальты. Серия гореловских вулканитов отличается пониженными глиноземистостью, железистостью и заметно повышенной щелочностью – главным образом, за счет окиси калия (рис. 1б,г). Базиты Гореловского центра не обнаруживают характерного для приокеанских вулканов абсолютного накопления в породах окислов железа (рис. 1г). По этому признаку и по повышенной щелочности они относятся к известково-щелочной серии. Однако в редких на в.Горелом полукристаллических включениях кумулятивных габбро-долеритов установлены стекла с содержанием общего FeO от 11,5 до 13,5 %.



**Рис. 1.** Некоторые сравнительные характеристики состава и физических свойств пород в Мутновский (а, в, д) и Гореловского вулканического центра (б, г, е): а, б – калиевость (градации по [Gill, 1981]; в, г – серийная принадлежность по [Irvine, Baragar, 1971]; д, е – плотность соответствующих породам безводных расплавов при 1150° в зависимости от содержания общего железа.

Минеральный состав вулканитов Гореловского центра отличается от наблюдаемого в мутновских породах. Вкрапленники в базальтах представлены менее кальциевым плагиоклазом (битовнит), оливином, авгитом и редкой хромистой шпинелью, но, как правило, с примесью гиперстена и более натрового плагиоклаза. Породы среднего – кислого состава

содержат сходную с мутновскими аналогами титаномагнетит-двупироксен-плаггиоклазовую ассоциацию вкрапленников.

Существенным отличием серии вулканитов Гореловского центра от мутновской является гораздо более широкое развитие в ней процесса смешения магм в диапазоне относительно мало контрастных основных – средних составов. При этом, если на в. Мутновский смешение было, в общем, эпизодическим явлением на средних – поздних стадиях развития каждого из четырех его конусов, то в Гореловском центре оно массово проявилось при формировании в.в. Горелый-2 и -3, в лавах прорывов на их склонах и в рифтовой зоне, т.е. с ясной приуроченностью к позднему этапу развития всего вулканического центра. В его предшествующей истории извергались преимущественно несмешанные андезит-риодацитовые вулканиты «чистых линий» эволюции.

На вулканах Горелый-2 и -3 проявлено смешение с образованием внешне однородных андезито-базальтов со смешанными ассоциациями минералов-вкрапленников. Кислый ингредиент смесей представлен в конусе Горелый-2 единичными потоками двупироксен-плаггиоклазовых андезито-дацитов, подобных развитым в более ранних комплексах. Базальтовый компонент в чистом виде не проявлен. Судя по наименее эволюционированным составам минералов в отмеченных кристаллических включениях, чистый базальтовый ингредиент миктитов могла представлять магма в равновесии с парагенезисом оливин  $Fe_{0.84} +$  плаггиоклаз  $An_{90} +$  клинопироксен  $Fs_{12} \pm$  хромистая шпинель. Анализ возможных линий смешения показывает, что наиболее распространенные в поздних конусах в. Горелый андезито-базальты могли быть образованы смешением указанной базальтовой магмы с 20-60 % андезитовой.

Таким образом, базальт-андезитовая часть известково-щелочной серии Гореловского центра (как и некоторые породы в. Мутновский) образована в результате смешения магм разных стадий дифференциации и является, по существу, гибридной, – в отличие от «настоящих» известково-щелочных серий, образуемых либо плавлением пород земной коры, либо фракционированием из базальтов ассоциаций минералов с ранее, чем в толеитах, кристаллизующимся титаномагнетитом, – с ассимиляцией пород коры или без неё. Поскольку смешение возможно и внутри таких (самостоятельных) известково-щелочных серий, существо их различий с гибридными, связанными с толеитовыми сериями заключается, очевидно, в путях дифференциации магмы последних до образования кислых ингредиентов магматических смесей.

Выделение в базальтах в. Горелый их кристаллической фазы также обогащает остаточные расплавы окислами железа, – что и показывают составы стекол кристаллических включений. Следовательно, дифференциация до андезитовых и более кислых составов в серии гореловских вулканитов проходила, как и в серии в. Мутновский, по толеитовому пути, через определенный максимум железистости.

Однако в серии гореловских вулканитов, в отличие от серии в. Мутновский, высокожелезистые дериваты отсутствуют, и расплавы основных пород в. Горелый показывают существенно меньшую расчетную плотность (рис. 1д,е). Магмопроводящая система Гореловского центра, очевидно, не пропускает на поверхность ни тяжелую исходную базальтовую магму, ни её еще более плотные высокожелезистые производные, оставляя их дифференцироваться на глубине до «проходных» андезитовых составов. В деятельности поздних конусов в. Горелый они изредка проявлялись самостоятельно, но большей частью становились ингредиентами смесей с примитивной базальтовой магмой, своего рода «поплавками», способными донести её до поверхности.

Локализация Гореловского вулканического центра в зоне более глубокого положения мелового фундамента указывает, что фактором такой регуляции подачи на поверхность магм разных составов является низкая плотность пород, вмещающих магматическую систему и выполняющих роль плотностного фильтра. Смешение магм толеитовой серии с образованием гибридной известково-щелочной является, по существу, способом «обхода» базальтовой магмой её же «бесперспективных к извержению» дериватов. Режим периодических пополнений и частичных опустошений очага вулкана, являющийся эффективным механизмом обогащения магм несовместимыми компонентами, может быть в существенной мере ответствен и за их повышенную калиевоность [O'Нара, 1977].

Известково-щелочные вулканиты ранних этапов эволюции Гореловского центра, представляющие преимущественно андезит-риодацитовую часть его серии, также могли

дифференцироваться по толеитовому пути, приобретая признаки известково-щелочных за счет селективной отсадки титаномагнетита.

Широко распространенное и в последние десятилетия активно изучаемое явление смешения магм все еще часто рассматривается как «явление в себе», вне широкого контекста причинно-следственных связей. Анализ структурно-вещественной эволюции двух вулканов, расположенных близко, но на участках с достаточно контрастными плотностными свойствами земной коры показывает, что смешение магм занимает определенное место в эволюции магматических систем, проявляясь на её переходных этапах, когда базальтовая магма еще или уже не способна к прямому самостоятельному поднятию до поверхности. Масштабное проявление базальт-андезитовых миктитов на позднем этапе развития Гореловского центра, после длительного периода существенно кислого вулканизма, ясно намечает тенденцию к будущим извержениям чистых базальтов и, таким образом, к дальнейшему антидромному, энергетически-восходящему развитию центра. Многоконусный вулкан Мутновский в этом отношении развивается в длиннопериодно-пульсирующем, интегрально стабильном режиме. Примером развития по энергетически-нисходящей линии является другой южнокамчатский вулкан – Ксудач [Селянгин, 1987], на котором после образования толеитовыми базальтоидами крупного стратоконуса и кальдеры на нем породы внутрикальдерных построек всех последующих циклов его деятельности были представлены исключительно смешанными лавами переходного и известково-щелочного характера, с прогрессивно уменьшающейся в них долей базальтового ингредиента.

Влияние вмещающих магматические системы пород как плотностных фильтров, роль кальдер, «фокусирующих» проявления позднейшего вулканизма над долгоживущими проточными очагами и связанное с этими факторами явление смешения магм должны, очевидно, учитываться в числе причин, определяющих сериальную принадлежность магматитов и структуру петрогеохимической зональности областей их развития.

#### Список литературы

**Селянгин О.Б.** Действующие вулканы Мутновского геотермального района – Мутновский и Горелый: структура, вещество и эволюция магмопитающих систем // Магматические очаги и надочаговые зоны вулканов. Петропавловск-Камчатский. Изд-во КамГУ. 2009 (в печати).

**Селянгин О.Б.** Геологическое строение и эволюция кальдерного комплекса вулкана Ксудач // Вулканология и сейсмология, 1987. № 5. С. 16-27.

**Gill J.** Orogenic Andesites and Plate Tectonics // Berlin: Springer-Verlag. 1981. 390 p.

**Irvine T.N., Baragar W.R.A.** A guide to the chemical classification of the Common volcanic rocks // Canad. J. Earth Sci. 1971. № 8. P. 523-548.

**О’Нара М.Д.** Chemochemical evolution during fractional crystallization of a periodically refilled magma chamber // Nature, 1977. 266. P. 503-507.