

Отзыв официального оппонента

на диссертацию и автореферат

Марии Юрьевны Давыдовой

«Происхождение и эволюция магм вулканического центра Уксичан (Срединный хребет Камчатки)»

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – "петрология и вулканология.

В последние годы в петрологической и геохимической литературе ведется оживленная дискуссия о соотношениях плейт- и плюмтектонических процессов (В.Е.Хаин, 2000). Эти процессы могут по разному соотноситься в конкретных геологических структурах. Их роль может изменяться как во времени, так и в пространстве. Одним из таких примеров является континентальная окраина Камчатки, которая является перспективной структурой для изучения магматизма на этапах смены геодинамических обстановок в зонах перехода «океан-континент». При этом именно для таких переломных этапов характерно появление специфических сложных высококалийных ассоциаций. Эталонным представителем подобных образований является кальдерный вулканический центр Уксичан, комплексному изучению которого посвящена данная работа.

Актуальность поставленной проблемы заключается в том, что на примере современного и достаточно хорошо исследованного кайнозойского магматизма Камчатки показано, что в этом районе помимо типичных островодужных вулканических базальт-андезитовых ассоциаций выявлены умереннощелочные высококалийные ассоциации, обладающие внутриплитными геохимическими характеристиками. Для выяснения проблем происхождения подобных высококалийных ассоциаций и было проведено комплексное петрологическое исследование сложно построенного вулканического центра Уксичан расположенного в Срединном хребте Камчатки. Я бы выделил несколько уровней актуальности данной работы. Во-первых, исследованный вулканический центр Уксичан является одним из наиболее крупных построек кальдерного типа на Камчатке, поэтому анализ его эволюции с учетом

геологических, геохронологических, минералого-петрографических и особенно модельных расчетов с использованием программного комплекса «КОМАГМАТ» позволил автору обосновать присутствие разноглубинных промежуточных камер при эволюции магматической системы. Эти данные могут быть использованы при прогнозах наиболее катастрофичных кальдерных извержениях вулканов центрального типа. Второй аспект работы имеет важное тектоническое значение, поскольку показано, что появление таких высококалиевых ассоциаций является индикатором сложных геодинамических режимов от скольжения океанической литосферной плиты, сопровождаемого разрывом древней олигоцен-миоценовой субдукционной пластины, к формированию современной зоны субдукции. Более того, анализ свинцовых изотопных данных позволяет предполагать смещение двух самостоятельных мантийных резервуаров (тихоокеанского и индийского) при формировании высококалиевых ассоциаций Камчатки. Следует отметить, что проблеме влияния Индо-Евразийской коллизии на динамику астеносферной мантии был посвящен специальный IGCP проект под руководством Мартина Флауэра (2001-2004 г.г.) и он уделял большое внимание возрастным рубежам появления такой аномальной мантии далеко за пределами коллизии.

Практическая значимость работы вытекает из петрологической модели формирования рассматриваемого вулканического центра. Многокамерная модель эволюции магм может быть полезна для прогноза катастрофичных кальдерных извержений, а также может быть использована при металлогенических исследованиях.

В **первой** главе на основании литературных данных приводятся сведения о геологическом строении островодужной системы Камчатки, положению в ней вулканического пояса Срединного хребта, а также самого вулканического центра Уксичан. Замечаний к этой главе у рецензента нет. Отмечу только, что появление в олигоцене и миоцене щелочных и субщелочных базальтов, в том числе высококалиевых, характерно не только для Камчатки, но и для Охотско-Чукотского вулканического пояса (В.Акинин), они также описаны на Сихотэ-Алине (В.Кутолин) и в Китае.

Вторая глава посвящена геологическому строению вулканического центра Уксичан. На основе геологических данных и собственных наблюдений показано, что в истории его развития выделяются следующие этапы:

формирования среднеплиоценовых построек центрального типа –стратовулкана, щитового вулкана и кальдера-вулкана; развития в позднеплейстоцен - голоцене небольших щитообразных вулканических построек и ареальных конусов. Значительные вариации составов пород плиоценовых аппаратов центрального типа (ВК-базальт – трахириодацит) позволяют предполагать высокую степень дифференцированности магматических расплавов, а наличие кальдеры – на существование и обрушение близповерхностной магматической камеры. Этот вывод в дальнейшем успешно обосновывается с использованием минералого-петрографических и петрохимических и модельных расчетов.

Третья глава посвящена минералого-петрографической характеристике исследованных вулканических пород. Эти данные были успешно использованы при модельных построениях. Несмотря на краткость изложения петрографических характеристик многочисленных вулканических пород, данная глава содержит всю необходимую информацию. При выполнении петрографического описания лав приведены главные парагенезисы вкрапленников и основной массы, описания разнообразной зональности вкрапленников. Выполнены многочисленные микрозондовые анализы породообразующих минералов. В тоже время к этой главе есть некоторые вопросы и замечания. В частности очень неудобно для восприятия материала то, что основные таблицы анализов помещены в приложение. В ряде случаев гломелеростки нескольких минералов (клинопироксен +плагиоклаз +титаномагнетит) описываются как парагенезис вкрапленников. Хотя это могут быть микроксенолиты, вынесенные из глубинных промежуточных камер. Это логично вытекает из предложенной автором модели формирования вулканического центра. Не ясно, почему в некоторых лавах вкрапленники представлены ортопироксеном, тогда как в основной массе зафиксирован пижонит. Кристаллизация ортопироксена или пижонита многими исследователями используется как диагностический признак базальтов толеитовой (с пижонитом) или известково-щелочной (с ортопироксеном) серий. Здесь же присутствуют оба пироксена, но не вполне ясны их взаимоотношения. Кстати это очень важно и при модельных расчетах, т.к. в программе «КОМАГМАТ» возможны две схемы расчетов: с ортопироксеном или с пижонитом. Также не вполне понятно, почему вкрапленники представлены титаномагнетитом, тогда как для основной массы характерен ильменит.

Меняется режим кислорода? Казалось бы должно быть наоборот, т.к. кристаллизация в поверхностных условиях происходит при большем окислении. Из петрографических описание и данных микрозондового анализа вкрапленников и микролитов не понятно, где находится калий. Калийсодержащих темноцветных минералов нет. Содержания калия в плагиоклазах вкрапленников и в микролитах не велики. Можно предполагать, что весь калий в стекле, но анализов стекла нет, хотя судя по описанию микроструктур оно все же есть (гиалопилитовая основная масса). Кроме того можно предполагать, что в базальтах и андезибазальтах пропущены микролиты натрового санидина, которые зафиксированы в только трахидацитах.

Четвертая глава посвящена петрохимической и геохимической характеристики исследованных вулканических пород. Она также как и предыдущая основывается на представительных оригинальных авторских материалах. Важно подчеркнуть, что автор в самом начале четко показывает положение исследованных пород в современной систематике предложенной Петрографическим кодексом РФ. При анализе петрохимических данных М.Ю.Давыдова попыталась отнести ее необычные высококалиевые вулканические пород к толеитовой серии, используя диаграмму $\text{SiO}_2\text{-FeO/MgO}$ (по Myashiro, 1974). Однако ей ранее было показано, что исследованные вулканические относятся к калиевой умереннощелочной серии, следовательно эта диаграмма не может быть использована для такого разделения. Более того, как я уже отмечал, некоторые противоречия наметились и при минералого-петрографическом описании пород. В частности присутствие как ортопироксена, так и пижонита. Из редакционных замечаний отмечу, что в подписи к рисунку 4.1 показаны одинаковыми знаками 4- и 6; 5 и 7 разные породы и это затруднило восприятие последующих рисунков. В таблицах представительных анализов я не нашел наиболее магниальных разностей ($\text{MgO} > 8\%$), которые показаны на вариационных диаграммах. Это более чем странно, т.к. при модельных расчетах использованы косвенные высокомагнезиальные составы, полученные путем пересчетов низкомагнезиальных составов.

Важно подчеркнуть, что на основе анализа поведения элементов примесей М.Ю.Давыдовой убедительно показано, что рассматриваемые вулканические породы характеризуются значительными вариациями

когерентных и некогерентных элементов, которые хорошо объясняются с позиции внутрикамерной дифференциации исходной магмы. При этом по поведению РЗЭ и изотопным данным показана незначительная роль внешних факторов (коровая контаминация). Эти данные позволили автору предполагать их происхождение в результате эволюции единой исходной магмы.

Заключительная глава посвящена петрогенезису исследованных пород. Она по существу обобщает все полученные геологические, минералогическо-петрографические и петро-геохимические данные, полученные автором. На основании геохимических и изотопно-геохимических данных убедительно показана незначительная роль процессов коровой контаминации при формировании высококалиевых расплавов Уксичанской вулканической постройки. Также показано, что субдуцированные осадки, также не могли быть причиной повышенной калиевости магм. На основании этого делается вывод о присутствии флогопита в магнегенерирующем субстрате, однако причины появления этого минерала не объясняются. Поэтому в целом проблема источника калия так и осталась не решенной. Мне представляется перспективным рассмотреть участие глубинного плюмового мантийного источника. Так для магматизма крупных изверженных провинций характерна калиевая специфика глубинных мантийных расплавов (Добрецов и др., 2010). Так для центральной части Сибирской LIP характерно проявления меймечитов – высококалиевых пикритов (Соболев и др., 2012), а для завершающего этапа этой провинции также характерен высококалиевый лампрофировый и лампроитовый магматизм (Васюкова и др., 2012; Врублевский и др., 2006; Ивапнов 2013). Калиевый ультрабазит-базитовый магматизм присущ и второму этапу Эмейшаньской LIP (Изох 2005; Хоа и др., 2008).

С моей точки зрения наиболее интересной и в то же время дискуссионной является расчетная часть диссертационной работы, где предприняты попытки оценить физико-химические параметры кристаллизации базитовых расплавов с учетом декомпрессионной их кристаллизации и с учетом промежуточных камер. Здесь использовано несколько подходов. С одной стороны использованы современные геотермобарометры по минералам вкрапленникам (Putirka, 2008), которые заведомо кристаллизовались в глубинных условиях до излияния магм. Получены различные глубины для раннего и позднего этапов в эволюции Уксичанской вулканической постройки,

при этом наиболее глубинные вкрапленники соответствуют глубинам границы МОХО. Надо отметить, что похожая много уровневая система установлена для Ключевского вулкана Камчатки (Арискин, Бармина 2000). Это также подтверждается современными сейсмотомографическими исследованиями Ивана Кулакова. Очевидно, что полученные результаты можно рассматривать как предварительные и работы в этом направлении целесообразно продолжить. Другая часть расчетов проводилась с использованием программного комплекса «Комагмат», разработанного М.Френкелем и А.Арискиным. Надо отметить, что эта программа позволяет достаточно корректно оценивать последовательность кристаллизации ликвидусных фаз в широком диапазоне давлений. В то же время она применима только для толеитовых и известково-щелочных вулканических серий. Как следует из петрохимических данных большая часть вулканитов относится к умереннощелочному ряду, поэтому не ясно в какой мере полученные расчеты применимы для таких составов. В свое время, столкнувшись с этой проблемой, в нашем коллективе программа «КОМАГМАТ» была модифицирована А.Лавренчуком (программа «Pluton»), специально для расчетов умереннощелочных магм. К сожалению, этот блок до сих пор не опубликован и не доступен для широкого пользования. Другая проблема заключается в том, что в программе «КОМАГМАТ» рассчитывается или только ортопироксен или только пижонит, тогда как в природе существуют породы в которых одновременно кристаллизуется и ортопироксен и низкокальциевый пижонит. К таким примерам можно отнести габбронориты Панского массива на Кольском полуострове (Латыпов, 2000). Подобные трехпироксеновые габбронориты исследованы нами на примерах ряда габбромонцодиоритовых массивов Тувы, Восточного Саяна и Монголии. По экспериментальным данным при повышенной железистости расплава возможно совместная кристаллизация ортопироксена и низкокальциевого пижонита в ассоциации с кальциевым клинопироксеном. Это характерно как раз для калиевых умереннощелочных составов. Судя по петрографическим данным именно такая ситуация характерна и для магм вулкана Уксичан. Тем не менее, несмотря на указанные замечания проведенные расчеты убедительно показывают наличие разноглубинных промежуточных камер в которых происходила дифференциация исходного расплава.

Интересным представляется попытка объяснить образование высокоглиноземистых вулканических пород в составе вулкана Уксичан. М.Ю.Давыдова приходит к выводу, что эти породы образовались за счет кумуляции плагиоклаза при высоком содержании воды в магме. Однако нет минералого-петрографических данных, которые подтверждали бы эту модель. Во вкрапленниках полностью отсутствуют водосодержащие фазы. Мне представляется более логичным предполагать флотирование (всплывание) плагиоклаза при его совместной кристаллизации с пироксенами. Известно, что при давлении порядка 6 кбар плагиоклаз анортитового состава должен всплывать в базальтовой магме, а при более железистом составе магмы и более кислом составе плагиоклаза он всплывает при меньшем давлении.

В заключение необходимо отметить, что защищаемые положения обоснованы результатами проведенных собственных минералого-петрографических, петро-геохимических и изотопных исследований, а также согласуются с модельными расчетами. Автореферат диссертации полностью соответствует самой диссертации. М.В.Давыдовой опубликовано 7 печатных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Приведенные в отзыве замечания не являются критическими и могут быть учтены в дальнейшей работе. Полученные М.Ю. Давыдовой результаты вносят существенный вклад в развитие представлений о формировании высококалийевых магм в современных островодужных системах и могут быть использованы при построении моделей физико-химических условий и механизмов их эволюции. Поставленные в работе проблемы решены на высоком научном уровне с использованием современных методов исследования вещества. Приведенный список апробации работы свидетельствует об активном участии диссертанта в научной жизни и инициативности, а обширный список использованной литературы – о широком кругозоре и предварительном углубленном ознакомлении с поставленной задачей. Диссертация хорошо проиллюстрирована, написана ясно и лаконично и не содержит «избыточной» информации». Представленная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и автор, несомненно, достоин присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 «петрология, вулканология».

Изох Андрей Эмильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией петрогенезиса и рудоносности магматических формаций Института геологии и минералогии СО РАН (630090, пр. академик Коптьга, 3), тел 8 (913) 0603240 izokh@igm.nsc.ru

Я, Изох Андрей Эмильевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного Совета и их дальнейшую обработку.

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ
У.В.ГАЛЬЦОВА 
.2014г.

