

#### IV. ВУЛКАНИЗМ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК (продолжение)

### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ВЕЩЕСТВЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВУЛКАНА УКСИЧАН В ПЛИОЦЕНЕ И ПЛЕЙСТОЦЕНЕ (СРЕДИННЫЙ ХРЕБЕТ КАМЧАТКИ)

М.Ю. Мартынова<sup>1</sup>, В.С. Антипин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: maria-martynova@fegi.ru

<sup>2</sup> Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, e-mail: region@igc.irk.ru

При петролого-геохимических исследованиях магматических объектов островодужных систем одной из наиболее актуальных задач является разработка комплексных моделей эволюции крупных и долгоживущих вулканических центров в системе «первичные магмы - дифференцированные серии пород - постмагматические процессы». В качестве объекта исследований нами был избран вулкан Уксичан - один из наиболее крупных центров эндогенной активности вулканического пояса Срединного хребта Камчатки. Длительная геологическая история формирования вулкана (плиоцен - верхний плейстоцен - голоцен), присутствие в его строении пород различных геохимических серий (умереннокалиевой, высококалиевой и шошонит-латитовой), современная гидротермальная активность, признаки оруденения и высокая степень геологической изученности территории послужили основой для проведения здесь специальных петролого-геохимических работ.

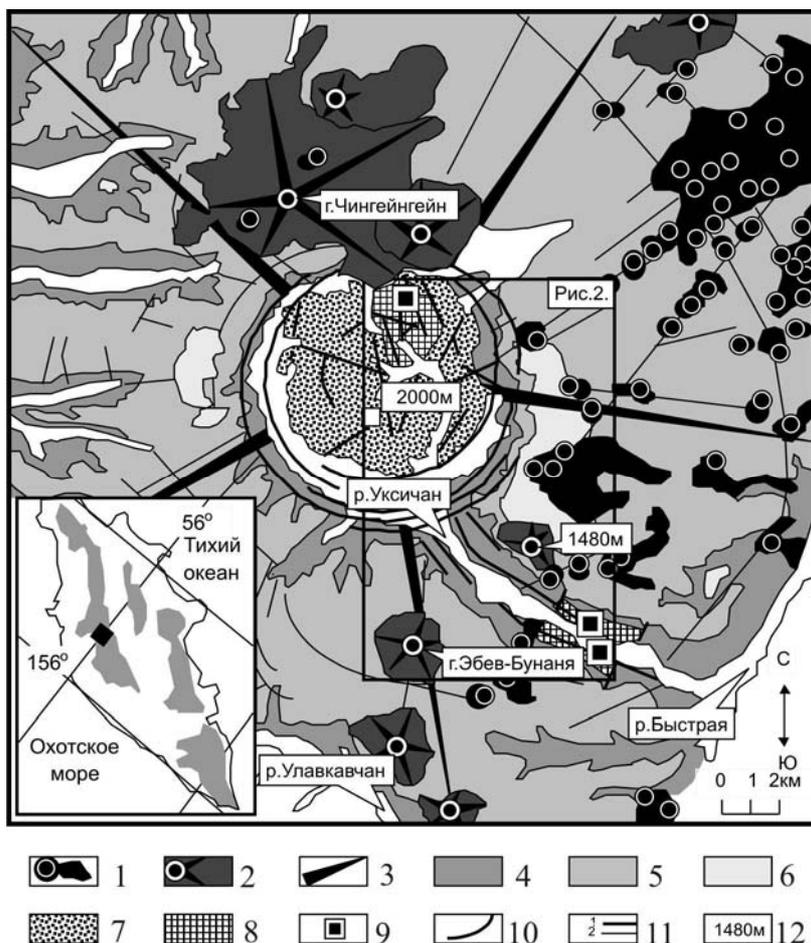
В геологическом строении вулканического центра выделяются: 1) средний миоцен (?) - нижнеплиоценовый вулканогенный фундамент ( $N_1^{2?}-N_2^1$ ), 2) ранний плиоцен - среднеплиоценовый стратовулкан Уксичан ( $N_2^1-N_2^2$ ), 3) средний плиоцен - раннеплейстоценовый щитовой вулкан Уксичан ( $N_2^2-Q_1$ ), 4) ранний плейстоцен - среднеплейстоценовый кальдера-вулкан Уксичан ( $Q_1-Q_2$ ), 5) верхний плейстоцен - голоценовый (?) комплекс щитообразных моногенных вулканических построек и шлаково-лавовых конусов ареального типа ( $Q_3-Q_4$ ) [Огородов и др., 1967, 1972; Стефанов, Широкий, 1980; Антипин и др., 1987; Патока и др., 1987 - фондовые материалы] (рис. 1).

По содержанию щелочей лавы вулкана Уксичан и других вулканических сооружений его территории принадлежат трем петрогеохимическим сериям: умереннокалиевой и ее магнезиальной ветви, высококалиевой (ВК) и шошонит-латитовой (ШЛ) (рис. 2). При этом лишь некоторые разновидности экструзивных пород центральной части кальдеры на диаграмме ( $SiO_2$  -  $FeO^*/MgO$ ) обнаруживают типично известково-щелочную тенденцию эволюции составов. Все другие вулканиды по петрохимическим признакам принадлежат толеитовому типу. Умереннокалиевый характер имеют вулканогенные породы фундамента, лавы верхнеплейстоцен-голоценовых стратовулканов и ареальных построек, тогда как лавы и экструзии собственно вулкана Уксичан обладают исключительно высококалиевой спецификой.

Высококалиевые лавы и экструзивные породы постройки вулкана Уксичан, а также близкие к ним по составам пирокластические образования, обладают широким спектром парагенезисов минералов: Pl, Ol, Орх, Срх, Fsp, Amph, Bt, TiMt - среди вкрапленников, и Plm, Ap, Sph - среди микролитов. В умереннокалиевых вулканидах верхнеплейстоценовых и голоценовых постройках района обнаружены только Pl, Ol, Срх, Орх и TiMt. Такие же парагенезисы характерны и для вулканических пород фундамента, среди которых только дациты и риодациты иногда содержат вкрапленники Amph. По петрографическим признакам среди пород собственно вулкана Уксичан выделяются две главные группы: 1) - обладающие порфиоровыми структурами породы лав и экструзий, а именно Mg- и Al-ВК-базальты, ВК-базальты, ВК-андезито-базальты, порфиоровые латиты, ВК-андезиты, ВК-андезито-дациты, трахидациты, ВК-дациты; и 2) - обладающие афировыми и субафировыми структурами лавы и игнимбриты (стекловатые, витрокластические) шошонитов и латитов, кварцевых латитов. К последней группе относятся и стекловатые трахидациты и трахириодациты экструзий, а также некоторые разновидности ВК-базальтов.

Наряду с обычной для дифференцированных известково-щелочных и субщелочных серий тенденцией к снижению содержаний  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , FeO, MgO, CaO, Sr, Cu, Co, Ni, Cr, V и увеличению концентраций  $Na_2O$ ,  $K_2O$ , Rb, Ba, Pb, Sn, B, F, Be, Zr, Nb, TR с ростом кремнекислотности пород, для серий вулкана Уксичан отмечаются особенности в поведении ряда компонентов. Так, от ВК-базальтов к ВК-андезитам, шошонитам и латитам наблюдается возрастание концентраций Ti и P, которые с переходом к кварцевым латитам и трахидацитам начинают резко снижаться. ВК-дациты

заклучительного во времени внутрикальдерного экструзивного комплекса в отличие от других пород вулкана с близкой кремнекислотностью, обладают заметно более низкими содержаниями Ti, P, Na, K, Ba, Pb, Sn, Be, F, Zr, Nb и повышенной магнезиальностью.

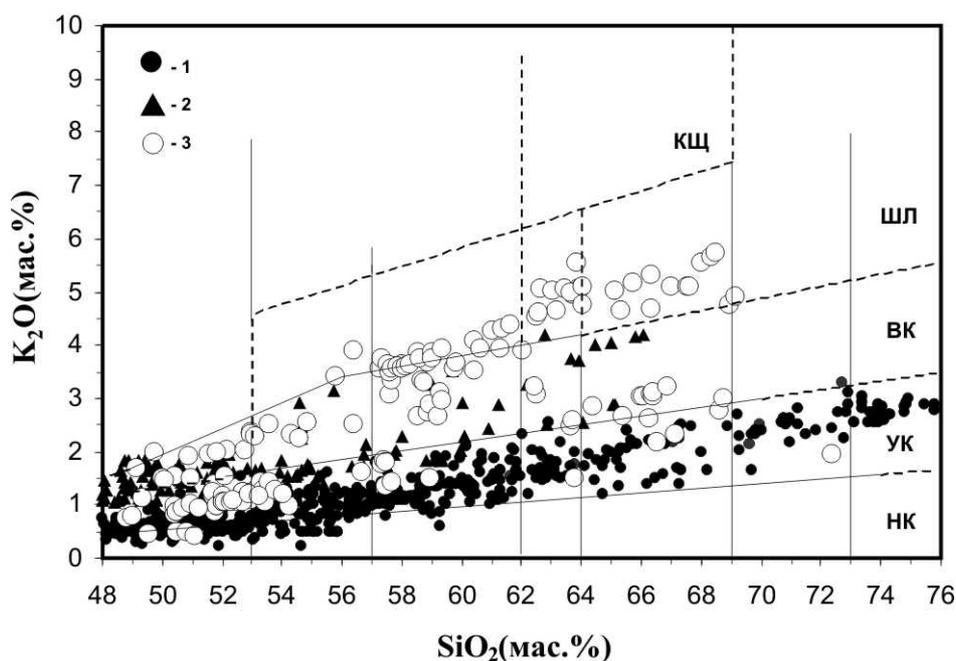


**Рис. 1. Схема геологического строения вулкана Уксичан.** Схема приводится из работы [Стефанов, Широкий, 1980] с изменениями и дополнениями авторов. Врезка: положение вулкана Уксичан (залитый знак) и вулканических поясов на территории Камчатки. Условные обозначения: 1 - верхнеплейстоцен-голоценовые ? (Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub>?) ареальные шлаково-лавовые вулканические конусы; 2 - верхнеплейстоценовые (Q<sub>3</sub>) щитовые вулканические постройки; 3 - нижний плиоцен - плейстоценовая (N<sub>2</sub><sup>1</sup>-Q<sub>2</sub>) постройка вулкана Уксичан; 4 - ранний плиоцен - среднеплиоценовые (N<sub>2</sub><sup>1</sup>-N<sub>2</sub><sup>2</sup>) вулканогенные комплексы; 5 - средний плиоцен - раннеплейстоценовые вулканогенные комплексы (N<sub>2</sub><sup>2</sup>-Q<sub>1</sub>); 6 - ранний плейстоцен - среднеплейстоценовые (Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub>) вулканогенные комплексы; 7 - внутрикальдерный экструзивный комплекс; 8 - поздний миоцен - раннеплиоценовый (N<sub>1</sub><sup>3</sup>-N<sub>2</sub><sup>1</sup>) вулканогенный фундамент; 9 - участки эпитермального оруденения; 10 - кольцевые разрывные нарушения кальдеры; 11 - разрывные нарушения кальдеры, грабена долины р. Уксичан и вулканогенного фундамента (1), другие предполагаемые и дешифрированные разрывные нарушения (2); 12 - максимальные и маркирующие абсолютные высотные отметки, наименования горных сооружений и рек.

В целом, все внутрикальдерные экструзии вулкана образуют обособленный ряд составов на уровне ВК-андезитов, латитов и ВК-дацитов в связи с более низкими концентрациями Zn и повышенными Cu. Игнимбриты латитов и кварцевых латитов вулкана Уксичан в отличие от лав имеют отчетливое обогащение калием по сравнению с Rb (K/Rb=720-870, в лавах – 590-650). При переходе от составов трахидацитов к трахириодацитам отмечается тенденция к падению содержаний Ba, Zn и увеличению – Rb.

От плиоценовых к позднеплейстоцен-голоценовым (?) базальтоидам вулканического центра Уксичан последовательно снижаются концентрации K, Na, Rb, Ba, Sr, Pb, Sn, V, F, Be, но возрастают – Mg, Co, Ni, Cr, B. Все изученные образцы показывают геохимические признаки надсубдукционных магм, выраженные в низких содержаниях HFSE (Ta, Nb, Ti) и повышенных относительно MORB концентрациях LILE (Rb, Ba, Sr, LREE).

Минералого-геохимических и термобарогеохимических исследования дают основание считать, что высококалиевые и субщелочные шошонит-латитовые серии были сформированы в процессе кристаллизационной дифференциации магм, близких по составу глиноземистому ВК-базальту, а серия пород вулканогенного фундамента связана с эволюцией низкокалиевых базальтовых расплавов повышенной магнезиальности. Об этом свидетельствуют составы расплавных включений в плагиоклазах ВК-базальтов начальных стадий развития центра (стратовулкан), близких по геохимическим признакам к шошонитам и латитам более поздней, щитовой стадии развития вулкана. При этом составы стекол включений отличаются несколько более высокими содержаниями фосфора и, иногда, титана, что связано с накоплением Р и Тi в магмах на стадии образования шошонитовых и латитовых расплавов - позднее расплавы обедняются этими компонентами в результате массовой кристаллизации и отсаждения апатита и титаномагнетита. Низкокалиевый характер расплавных включений в базальтоидах фундамента согласуется с общим химизмом проявленных здесь серий пород и свидетельствует об определенной эволюции магмообразования во времени. Оценка возможности реализации процессов кристаллизационной дифференциации при формировании серий пород вулкана Укисчан подтверждена также расчетами баланса масс.



**Рис. 2.** Классификационная диаграмма  $K_2O-SiO_2$  для серий пород вулкана Укисчан и модельных вулканических структур Восточной и Южной Камчатки. Условные обозначения: 1 - составы пород Гамченской вулканотектонической структуры (Восточная Камчатка), 2 - составы пород вулкана Большая Ипелька (Южная Камчатка), 3 - составы пород вулкана Укисчан и других вулканических сооружений его территории.

Модель формирования магматических расплавов и дифференцированных серий пород вулкана Укисчан предполагает прямую связь процессов магмообразования с этапом развития современной плиоцен-четвертичной островодужной структуры Камчатки. Высококалиевый характер вулканических пород находится в соответствии с тыловым расположением района в структуре поперечной петрогеохимической зональности. Условиями возникновения магм повышенной калиевой щелочности в данном случае считаются: (1) высокая степень насыщенности некогерентными элементами магмообразующих гидратированных флюидов, поступающих на верхние горизонты мантии в зону плавления мантийного субстрата; (2) высокая степень метасоматической переработки субстрата и низкие степени его плавления по сравнению с условиями образования умеренно-калиевых известково-щелочных магм. Наследование геохимических характеристик изученных эффузивов, от ВК-базальтов до кварцевых латитов с одной стороны и от ВК-базальтов до трахириодацитов с другой, а также выполненные массбалансовые расчеты, показывают, что составам первичных магматических расплавов отвечают глиноземистые высококалиевые базальты. В процессе кристаллизационной дифференциации этих расплавов произошло образование серий пород вулкана из двух промежуточных магматических камер. Поступление базальтового расплава в менее глубинную камеру и его последующая эволюция явились

причиной образования ряда пород «ВК-базальт - ВК-андезито-базальт - порфировый латит - трахидацит – трахириодацит». Позднее была образована более глубинная камера, в пределах которой ВК-базальтоидные расплавы дифференцировали в направлении «шошонит - латит - кварцевый латит». Попеременные извержения расплавов из двух разноглубинных камер явились причиной переслаивания лав различных генетических групп на поздних стадиях развития вулкана и образования комплекса внутрикальдерных экструзий смешанного происхождения. Формирование более поздних по отношению к вулкану Уксичан умеренно-калиевых глиноземистых базальтов в верхнем плейстоцене и умеренно-калиевых магнезиальных базальтов в заключении развития центра свидетельствует о заглужении во времени очагов магмообразования в районе в область менее метасоматизированного мантийного субстрата на фоне процессов растяжения. Сокращение объемов поступающих магм и их более «примитивный» состав указывают на продвижение области магмообразования в менее деплетированную область мантии. Магнезиальные магмы ареального этапа вулканизма в районе фиксируют завершение магматической эволюции крупного цикла эволюции современной островодужной системы Камчатки, по крайней мере, в ее тыловой части.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №07-05-00959\_a и проекта ДВО РАН №09-3-В-08-457.

### Список литературы

**Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Важеевская А.А., Огородова А.С.** Вулкан Уксичан в Срединном хребте Камчатки. -В кн.: Вулканизм и геохимия его продуктов. М.: Наука. 1967. С. 93-111.

**Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н., Важеевская А.А., Огородова А.С.** Вулканы и четвертичный вулканизм Срединного хребта Камчатки. М.: Наука, 1972. 191 с.

**Стефанов Ю.М., Широкий Б.И.** Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки. М.: Наука, 1980. 104 с.

**Антипин В.С., Вольнец О.Н., Перепелов А.Б., Патока М.Г., Успенский В.А.** Геологические соотношения и геохимическая эволюция известково-щелочного и субщелочного вулканизма кальдеры Уксичан (Камчатка) // Геохимия магматических пород современных и древних активных зон. Новосибирск: Наука, 1987. С. 72-81.