

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ВУЛКАНИТОВ, КАК ИНДИКАТОРЫ ТИПОВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Б.В. Иванов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
e-mail: ivanovbv@kscnet.ru

Собранный в течение многих лет (1970-2001 гг.) систематизированный и стратифицированный петрохимический и петролого-геохимический материал по четвертичным вулканитам Камчатки позволяет на примере изучения трендов дифференциации показать новые петрогенетические особенности вулканизма. Понятие о мантийной и мантийно-коровой природе андезитового вулканизма позволяет по-новому взглянуть на природу вулканических извержений.

По петрохимическим особенностям I тип андезитов соответствует толеитовому тренду дифференциации (Т-тренд), II тип - известково-щелочному (ИЩ - тренд). При рассмотрении трендов дифференциации вулканитов Камчатки на диаграмме $FeO^*/MgO-SiO_2$ обращает внимание следующее: 1 - расположение трендов дифференциации в едином петрохимическом поле вулканитов (Т или ИЩ); 2 - переход тренда из поля Т в ИЩ и обратно; 3 - миграция тренда из Т в ИЩ и обратно в течение короткого цикла извержения вулкана. Можно говорить об устойчивом, неустойчивом и промежуточном трендах дифференциации, которые характеризуют определенную физико-химическую обстановку в магматическом канале или магматическом очаге. На формирование тренда дифференциации решающим образом оказывают влияние особенности глубинного строения вулканического аппарата или вулканической зоны, которые определяют конвективный режим магмы, а, следовательно, ее физические свойства, порядок и степень кристаллизации, в том числе и флюидный режим. По всей вероятности, образование петрохимических трендов происходит в верхних структурных этажах земной коры, примерно на глубине 5-10 км и окончательно формируется перед извержением в заключительную стадию магматического процесса. Геологическая ситуация решающим образом влияет на формирование трендов дифференциации. В общем виде ее можно представить следующим образом. В «сбалансированных» магматических системах преобладает устойчивый Т-тренд дифференциации. Примеров устойчивого тренда дифференциации достаточно много и, что следует отметить, большинство их проявляется на маломощной земной коре. Это хорошо демонстрируют вулканиты Южной Камчатки. В качестве примера устойчивого Т-тренда дифференциации также служат лавы вулкана Кизименок, петрохимически эволюционирующие в пределах толеитового поля. Устойчивый ИЩ-тренд проявлялся на Удинских вулканах и на некоторых этапах развития вулкана Шивелуч. Можно считать, что Т-тренд, в общем, характерен для вулканов со значительной долей базальтоидного вулканизма, когда магма не задерживается в магматических очагах или магматическом канале и относительно «свободно» поступает к поверхности, при этом не происходит резкого увеличения избыточного давления в магматической системе.

С увеличением мощности коры возрастает возможность образования коровых магматических очагов, где задержка магмы приводит к перераспределению флюидной фазы, ассимиляции, смешению магм, зональной кристаллизации, конвекции и т.д., т.е. к процессам, создающим гетерогенную обстановку в магматической системе. Внедрение в кислый или субкислый магматический очаг порции базальтовой магмы ведет к магматическому смешению и образованию неравновесной физико-химической обстановки, с последующим извержением вулкана. В таких условиях происходит формирование неустойчивого Т и ИЩ трендов дифференциации. Процесс миграции трендов из Т-поля в ИЩ и обратно, т.е. формирование неустойчивых трендов связано с разными причинами и в первую очередь с режимом fO_2 . Примером неустойчивого тренда дифференциации является большинство вулканов Камчатки, где формирование петрохимических особенностей вулканитов происходит по механизму АФК. Наиболее сложным является процесс формирования промежуточного петрохимического тренда дифференциации в пределах одного эруптивного цикла, т.е. в течение короткого времени 1-5 месяцев.

Формирование толеитового и известково-щелочного трендов дифференциации зависит от многих условий и, в первую очередь, от режима fO_2 . Этот параметр очень чутко реагирует на

изменения физико-химических условий в подводящих магматических каналах и магматических очагах. В свою очередь физико-химическое состояние магматической системы определяется не только составом магмы, но и размером, конфигурацией, глубиной залегания магматического очага, т.е. набором тех параметров, которые влияют на динамические процессы в магме, определяют порядок ее кристаллизации и ее физические свойства. Таким образом, глубинное строение магматической системы можно считать решающим фактором образования Т и ИЩ трендов дифференциации. Механизм АФК и процесс смешения магм наиболее ярко проявляются при многоконтактной связи магмы с вмещающими породами, что легко осуществляется при многоэтажной системе магматических очагов и активной вулканотектонической обстановке вулканических зон. Активными агентами образования Т и ИЩ трендов дифференциации, как мы видим на примере извержения в. Карымского, является динамические характеристики андезитовых магм. Температура, плотность, вязкость, газонасыщенность, состав газовой фазы влияют на динамическое поведение андезитовых магм, т.е. на их способность к движению, задержке, конвекции, кристаллизации, дегазации. Связь указанных свойств безусловна и во многом пока непонятна и исследование этих связей - задача будущего. Необходимо знать достаточно точно форму и размер магматического очага или системы подводящих каналов, как наиболее важных параметров для оценки реологических свойств магмы, граничных значений модели теплопередачи и т.д. Следует отметить, что при формировании промежуточного тренда дифференциации, достаточно быстро (в течение полугода) происходит заметная смена петрохимических характеристик при переходе с ИЩ на Т-тренд, в то время как геохимическая специализация остается постоянной для ИЩ. Эту особенность можно объяснить большей химической подвижностью главных окислов, по сравнению с микроэлементами. Факты, учитывающие появление высокогазонасыщенных pillow-лав на склонах в. Карымского в 1963 г. и максимальную взрывную деятельность вулкана, свидетельствует о большой роли флюидной составляющей при образовании Т или ИЩ трендов дифференциации. При движении к поверхности максимально проявляется процесс дегазации, который приводит к переносу и перераспределению летучих компонентов, определяя физико-химические и динамические параметры вулканической системы, в том числе и порядок появления и очередности минеральных фаз, который приводит к получению спектра дифференциации трендов от Т до ИЩ.

Выделение устойчивого, неустойчивого и промежуточного трендов дифференциации при формировании андезитов I и II типов позволяет сделать следующие выводы:

1 - «устойчивый тренд» дифференциации как для I, так и II типа андезитов свидетельствует о «сбалансированной» магматической системе очаг-канал и указывает на относительно постоянный режим извержения и гомодромный характер эволюции вулканитов.

2 - «неустойчивый тренд» дифференциации свидетельствует о нарушении процесса фракционной кристаллизации, вызванного целым комплексом причин, из которых важными можно считать начавшуюся перестройку глубинного строения вулканического аппарата, истощение магматического очага, перерыв в поступлении магмы, вызванный ослаблением эндогенной активности и т.д. Это приводит к прерывистому режиму извержения с длительными периодами покоя и короткими циклами максимальной активности, сменой гомодромного характера магматической эволюции на антидромный. В результате происходит увеличение количества андезитов II типа.

3 - «промежуточный тренд» дифференциации указывает на кардинальную перестройку магматической системы, питающей вулкан. На первое место здесь выступает структурный контроль, как фактор, максимально определяющий неустойчивый режим f_{O_2} . Многоэтажность магматических очагов, геометрические характеристики магмоводов определяющих конвективный режим магмы, режим АФК, смешение разнодифференцированных магм при формировании промежуточного тренда с учетом особенностей глубинного строения вулкана приобретает решающее значение. Режим извержения приобретает крайне напряженный характер с преимущественным развитием андезитов II типа.