

разовалось железное ядро, а уже потом на него напал силикатный хондритовый материал. По-видимому, после завершения аккреции началось раскручивание новообразованной планеты, что и привело к возникновению центростремительного потока энергии. В результате волна разогрева достигла ядра в последнюю очередь, благодаря чему его вещество, обеспечивающее до настоящего времени существование суперплюмов современного типа, поступило в оборот последним. По-видимому, после того, как ядро полностью расплавилось (согласно палеомагнитным данным максимальная магнитуда магнитного поля была достигнута около 2.2-2.0 млрд. лет назад и с тех пор постепенно уменьшается) ситуация стабилизировалась, и этом режиме, очевидно, существует до сих пор.

Из этого следует, что на рубеже 2.2-2.0 млрд. лет назад могло начаться массовое поступление из жидкого ядра флюидов, обогащенных Fe, Ti, щелочами и другими несовместимыми элементами, инициирующими подъем суперплюмов второго поколения. Их вещество, благодаря наличию флюидов, имело меньшую плотность и могло достичь более умеренных глубин, где растекание головных частей этих суперплюмов уже могло приводить к активному взаимодействию с древней жесткой литосферой: ее разрывам с формированию океанической коры, возникновению и перемещению плит и т.д., т.е. к появлению плейт-тектоники.

Обращает на себя внимание, что таким же образом развивалась и Луна, только по сокращенному сценарию и значительно быстрее. Для магматизма ранних этапов ее эволюции были характерны деплетированные расплавы типа земных КВМС, а после 3.9 млрд. – морские базальты внутриплитного типа, в том числе высоко-Ti с повышенным содержанием несовместимых элементов. Возможно, так развивались и другие твердые планеты земной группы, особенно Марс и Венера, где наблюдаются фрагменты древней коры среди огромных пространств, залитых базальтами

Работа поддержана грантом РФФИ 07-05-00496.

Выводы

1. Характер тектономагматической активности в раннем докембрии (архей, ранний палеопротерозой) резко отличался от фанерозойского – главными тектоническими структурами тогда были гранит-зеленокаменные области и разделяющие их гранулитовые пояса, а мантийные расплавы поступали из деплетированного источника.

2. На рубеже 2.2-2.0 млрд. лет произошла кардинальная перестройка – появились геохимически-обогащенные расплавы, устанавливаются офиолиты в понимании Пенроузской конференции, орогены фанерозойского типа, т.е. ситуация уже может быть описана в терминах современной тектоники плит.

3. Предполагается, что такое развитие событий могло быть обусловлено только комбинацией 2-х факторов: (1) Земля изначально была гетерогенной, и (2) ее разогрев происходил сверху вниз, от поверхности к ядру, сопровождаясь охлаждением внешних оболочек. Благодаря этому материал первичного ядра долгое время сохранялся практически нетронутым и включился в глобальные тектономагматические процессы только около 2 млрд. лет назад.

4. Поскольку по этому же сценарию, хотя и сокращенному, развивалась и Луна, можно думать, что такое развитие событий имело место и на других планетах земной группы.

Основные новые положения Петрографического кодекса II издания (эндогенные образования)

Шарпенюк Л.Н., Жданов В.В., Кухаренко Е.А., Костин А.Е.

ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург, e-mail: lyudmila_sharpenok@vsegei.ru

Анализ замечаний и предложений к Петрографическому кодексу 1995 г., а также анализ практики его применения выявили основные направления в отношении магматогенных, метаморфических, метасоматических и мигматитовых образований, требующие дополнений или изменений.

I. Среди направлений, касающихся магматогенных образований следует, в первую очередь, отметить следующие:

- 1) совершенствование химической классификации (TAS-диаграммы) вулканических пород;
- 2) уточнение диагностических таблиц для различных семейств магматических пород;
- 3) совершенствование классификации и номенклатуры вулканических обломочных (вулканокластических) горных пород;

- 5) уточнение и разработка положений о петрографических подразделениях различных иерархических уровней, в том числе об укрупненных подразделениях, необходимых при составлении Серийных легенд и Госгеолкарт 1000/3;

- 4) разработка таксономии подразделений для осадочно-вулканогенных образований в качестве самостоятельных объектов картирования и картографирования.

– С целью усовершенствования TAS-диаграммы, рекомендованной Подкомиссией по систематике магматических пород МСГН, одной из рабочих групп по подготовке Петрографического кодекса II редакции (ПК-II) разработаны предложения, касающиеся главным образом кислых вулкаников, поля которых были на этой диаграмме крайне загроулены. Для обоснования этих предложений была создана база данных для этих пород, содержащая более 4000 химических анализов из опубликованных работ по различным регионам Мира. При создании базы данных соблюдались все принципы и правила, определенные Подкомиссией, а при статистическом анализе данных и выделении полей классификационной диаграммы использовалась программа GRAPHER. При этом для каждой группы пород строились гистограммы частоты распределения, оконтуривались области максимумов и затем проводились границы полей.

В результате проделанной работы вместо трех полей (дацитов, трахидацитов-трахитов, риолитов), существовавших ранее на TAS-диаграмме в области кремнекислых пород, четко обособились тринадцать. Новые очертания получили поля всех кремнекислых пород (от низкощелочных через нормально–и умереннощелочные до щелочных), а также трахитов и щелочных трахитов. При этом для кремнекислых магматитов отчетливо проявилось отклонение границ их полей от вертикального положения (для низко- и нормальнощелочных) к оси суммы щелочей по мере роста щелочности пород. Эта тенденция была выявлена работами Подкомиссии по систематике магматических пород МСГН для вулкаников среднего и основного состава и подтверждена нами для кремнекислых пород. В дальнейшем будет целесообразно видоизменить поле трахиандезитов, подразделив его с учетом существования этих пород в составе разных петрохимических ассоциаций – дифференциатов риолитоидной или базальтоидной магм. Представляется важным выделение полей низкощелочных пород в кислой части диаграммы, поскольку, несмотря на сравнительно небольшой объем этих пород, они являются индикаторными для определенных тектонических режимов. Следует также отметить, что в соответствии с усовершенствованием TAS-диаграммы, а также с привлечением дополнительного материала по химическому составу магматитов уточнены диагностические таблицы для различных семейств этих пород; кроме того, в приложениях к Кодексу приведены также классификация и номенклатура пород лампроитовой и кимберлитовой серий и лампрофиров.

– Геологам-вулканологам хорошо известно, что для вулканогенных обломочных (вулканокластических) пород существует много классификаций, по ряду положений сходных, но часто противоречивых. Критический анализ всех этих классификаций, а также обобщение многочисленных опубликованных материалов по этим породам позволил рабочей группе разработать усовершенствованный вариант этой классификации. В соответствии с этим вулканокластические породы по ряду признаков отделены от других пород, содержащих вулканогенный материал, и в свою очередь подразделены по генезису, а также по размерности обломочного материала. По сравнению с прежними вариантами в классификации, принятой в ПК-II, уточнены классификационные признаки, упорядочена терминология, касающаяся вулканокластитов, больше внимания уделено продуктам подводных извержений, которые убедительно диагностируются многими вулканологами. В соответствии с этим в классификацию впервые введены гидроэксплозивные породы, широко выделяющиеся в ряде регионов, особенно в областях проявления современного вулканизма.

– С целью решения задач геологических исследований различных масштабов, в том числе составления Госгеолкарты 1000/3, ПК-II предусмотрена таксономия (иерархическая система) подразделений магматических образований: 1) «магматический комплекс» – базовая (основная) таксономическая единица; 2) «фаза», «фация» магматических комплексов – элементарные, вспомогательные единицы низшего ранга; 3) закономерные ассоциации магматических комплексов как укрупненные подразделения: фациальный ряд – «вулcano-плутоническая ассоциация»; «временной ряд (серия)», «латеральный ряд»; 4) «группа» – пространственно-временная ассоциация комплексов.

Для всех разноранговых петрографических подразделений магматических образований определены их признаки: вещественного состава пород, пространственной и временной их близости, геологического и конституционного строения, соотношения с вмещающей средой. Время образования и распространенность подразделений ограничены определенными событийными рамками и геологическим пространством, соответствующими рангу подразделения. Выделение разноранговых подразделений составляет сущность расчленения природных ассоциаций магматических образований при геологическом картировании и картографировании различных масштабов и призвано обеспечить единообразный подход к корреляции этих образований при составлении Серийных легенд и унифицированных схем магматизма в пределах изучаемых территорий.

– Для совершенствования картирования и картографирования толщ, объединяющих в своем составе как вулканогенные, так и осадочные породы, Петрографическим кодексом II редакции подготовлен новый самостоятельный раздел, предусматривающий возможность выделения разноранговых подразделений вулканогенно-осадочных и осадочно-вулканогенных образований. В качестве базовых подразделений приняты комплексы (вулканогенно-осадочные и осадочно-вулканогенные) и предусмотрены вспомогательные и укрупненные подразделения. Для всех этих подразделений, как и в случае с магматическими и, определены их приобразованиямзнаки – вещественный состав, конституционное строение и динамика формирования, геологическое строение, а также событийные и пространственные рамки их проявления и соотношение с вмещающей средой. Полагаем, что введение в практику работ этих подразделений в значительной мере упростит составление карт различных масштабов и обеспечит взаимопонимание между их составителями.

– Помимо изменений для магматических образований по перечисленным основным направлениям в ПК-II уточнены или разработаны и другие положения, в том числе:

– требования валидности различных петрографических подразделений и положения об использовании условно валидных, вспомогательных и невалидных подразделений;

– правила наименования петрографических подразделений различных иерархических уровней и правила наименования временных и латеральных рядов комплексов;

– требования к петротипам комплексов и их рядов, конкретизированы правила их описания, а также правила и формы корреляции магматических и метаморфических образований.

II. В первом издании Петрографического кодекса метаморфические, метасоматические и гранитизированные породы объединялись в один генетический тип пород, образованных в процессе минерального и структурно-текстурного преобразования протолита без нарушения его твердого состояния. В кодексе отмечалось несовершенство классификация этого типа пород, что ведет к неоднозначности их выделения и картографирования, однако проблема классификации была отложена на будущее.

1. В новом Петрографическом кодексе метаморфические и метасоматические породы рассматриваются как отдельные самостоятельные генетические типы, а мигматиты выделены как промежуточный тип между метасоматическими и магматическими породами. Предпринята классификация каждого типа пород с попыткой введения единого классификационного принципа для всех кристаллических, в том числе магматических, пород. Выделяется три группы таксонов: а) нижнего уровня – признаки непосредственно наблюдаемые (минеральный состав и структурно-текстурные особенности); б) среднего уровня – признаки, полученные аналитическим путем (кислотность, щелочность, глиноземистость); в) высшего уровня – признаки «по умозаключению» (условия образования и побудительные причины петрогенеза).

2. В типе метаморфических пород выделяется 7 таксонов (от высших к низшим). Класс – по условиям образования: термально или контактово-метаморфические, динамотермальные или регио-

нально-метаморфические, дислокационно или инамометаморфические. Надотряд – по содержанию SiO_2 или кремнекислотности: некремнеземистые, ультраосновные, основные, средние, кремнекислые, ультракремнекислые. Отряд – по степени насыщенности глиноземом: пересыщенные, умереннонасыщенные, недосыщенные. Подотряд – по степени насыщенности щелочами: низкощелочные, нормальнощелочные, умереннощелочные, щелочные. Семейство – по минеральному составу (минеральной фации): гранулитовая, амфиболитовая, эпидот-амфиболитовая, зеленосланцевая (для регионально-метаморфических); слюдяных, амфиболовых и пироксеновых роговиков (для контактово-метаморфических), эклогитовая, глаукофансланцевая (для динамометаморфических). Род – по структурным признакам: гранофельз, гнейс и сланец или брекчии, милониты, филониты и др. Вид – по модальному минеральному составу.

3. Для расчленения метаморфических пород на геологические тела предусмотрены подразделения разного ранга. Метаморфический комплекс – базовое петрографическое подразделение, выделяемое в пределах одной структурно-вещественной зоны и ограниченное едиными временными рубежами. Это продукт одного или нескольких метаморфических эпизодов преобразования разнородного (в частности, однородного) протолита. В соответствии с внутренним строением комплекса и положением в нем изоград метаморфизма выделяются ареальные (монофациальные) или зональные (полифациальные) комплексы. Метаморфический подкомплекс – крупная часть метаморфического комплекса, особенности которого зависят от состава протолита. Металитон (метаморфическая толща) – часть метаморфического комплекса, тело с явно выраженными границами, индивидуальным сложением и составом. Временной ряд – ассоциация последовательно сменяющих друг друга во времени метаморфических комплексов. Латеральный ряд – ассоциация метаморфических комплексов, одновременно проявленных в смежных структурно-формационных зонах. Метаморфические подразделения на геологических картах показываются как единое целое (например, зональная метаморфическая структура) и дополнительно, по возможности, каким либо способом, отражается состав протолита. Выделение самостоятельных метаморфических и метаморфизованных комплексов не целесообразно.

4. В типе метасоматических пород выделяется 6 таксонов (от высшего к низшему) Подтип – по побудительным причинам метасоматоза: контактово-метасоматические, регионально-метасоматические, гипергенно-метасоматические. Класс – по температуре образования: высоко, средне и низкотемпературные (гипергенные только низкотемпературные). Отряд – по кислотно-щелочным свойствам флюида: щелочные, кислотные, основные. Подотряд – по накоплению определенных катионов. Семейство – по минеральному парагенезу (фации). Вид – по модальному минеральному составу.

5. В связи с задачами картирования и картографирования метасоматических пород в различных масштабах также предусмотрены подразделения разного ранга. Метасоматический комплекс – ассоциация продуктов сопряженной зональной метасоматической триады щелочных, кислотных и основных пород единого цикла развития метасоматической системы одной структурно-формационной зоны. Метасоматический подкомплекс или метасоматическая колонка – зональное геологическое тело, принадлежащее к определенному отряду (кислотному, щелочному, основному). Метасоматическая зона или зона метасоматической колонки – геологическое тело, сложенное горной породой с определенным минеральным парагенезом, отражающим уровень приближения этого парагенеза к равновесию с фильтрующимся флюидом. Временной ряд метасоматических комплексов – ассоциация горных пород последовательно вовлеченных в два или более циклов метасоматоза. Латеральный ряд метасоматических комплексов – ассоциация метасоматических комплексов одного и того же цикла метасоматоза, но проявленная в разных структурно-формационных зонах. Обычно метасоматические подразделения представляют собой поле максимальной концентрации определенных метасоматических пород. Поэтому в мелком масштабе оно картируется как ареал распространения метасоматитов определенного ранга, и только в крупном масштабе отображаются отдельные тела.

6. Для типа мигматитов предусмотрено 5 таксонов. Класс – по условиям образования: метасоматические, метаморфические, инъекционно-магматические. Отряд – по типу щелочности: калиевые и натриевые. Семейство – по температуре образования: высоко и среднетемпературные. Род – по текстурному признаку: ветвисто-жилковатые, слоистые, очковые, небулитовые.

7. Для целей картирования и картографирования мигматитов предусмотрен ряд петрографических подразделений. Мигматитовый комплекс – совокупность органично связанных друг с другом горных пород разнородных генетических типов. В комплекс объединяются все продукты одного цикла метасоматоза и селективного плавления, независимо от состава протолита. Мигматитовый подкомплекс – часть комплекса, сформированная по одному протолиту или по одному метаморфическому подкомплексу. Временной ряд мигматитовых комплексов – два или более комплексов мигматитов, последовательно развивающихся в пределах одной структурно-формационной зоны.

8. Унификация классификации метаморфических, метасоматических пород и мигматитов, а так же выделение их подразделений различного уровня позволит более четко и единообразно оценивать горные породы этого типа и стандартизировать понятийную базу при создании корреляционных схем и геологических карт различного масштаба.

Все обновленные или вновь разработанные составителями и рабочими группами специалистов–петрографов положения ПК-II обсуждались и корректировались в Региональных петрографических советах МПК, апробировались на X Всероссийском петрографическом совещании (2005 г.) и III Всероссийском симпозиуме по вулканологии и палеовулканологии (2006 г.), рассматривались на заседаниях Секции МПК по региональной петрографии, классификации и терминологии кристаллических пород и получили положительный отзыв бюро МПК.

Тепловое состояние литосферы зимнебережного алмазоносного района

Шварцман Ю.Г.

¹Поморский государственный университет, Институт экологических проблем Севера АНЦ УрО РАН, Архангельск, e-mail: felix@dvina.ru.

Зимнебережный алмазоносный район расположен в западной части Беломорско-Кулойского плато, представляющего собой неотектонический свод с высотами рельефа до 217 м. По данным фото и спектрозональных съемок из космоса свод выделяется как кольцевая структура диаметром до 150 км, в которую вложены малые кольцевые структуры и которая разбита глубинными разломами разного простирания. По данным В.Н. Широбокова [1] кольцевая структура свода имеет плутоногенное происхождение. При этом в западной ее части преобладают вулкано-тектонические образования с алмазоносными диатремами (трубками взрыва), а в восточной – магматогенные эффузивные породы верхнедевонско-среднекарбонового возраста.

Этот неотектонический свод развивается на месте Зимнегорского авлакогена, являющегося юго-восточной ветвью Кандалакшско-Двинского рифейского палеорифта. Авлакоген имеет северо-западное простирание и ограничен с запада Архангельским выступом фундамента, а с востока – Кулойским. Границы эти проходят по Керецкому и Чубальскому глубинным разломам соответственно. Внутри авлакогена выделяются с запада на восток Керецкий грабен, Товский выступ фундамента и Чубальский прогиб (Падунский грабен). Глубины до поверхности фундамента за пределами авлакогена 0,5-0,8 км, а в его грабенах до 4 и более км. На Товском выступе они, как правило, менее 1 км [2].

Исходя из результатов обобщения данных по тепловому потоку современных континентальных рифтовых зон, следует, что и в палеорифтах в период их развития значения теплового потока были повышенные до 100–250 мВт/м² и более в рифтовых впадинах и зонах рифтогенных разломов [3]. Осязаемыми свидетельствами повышенного теплового режима в палеорифтах являются значительные термальнометаморфические преобразования пород, развитие метасоматитов, а также широкого спектра магматических образований [4].

Следующим по времени наиболее достоверным периодом, когда на рассматриваемой территории тепловой поток был безусловно повышенным, является девонско-карбоновый (досреднекарбоновый). В это время в восточной части Кандалакшско-Двинского палеорифта на участках пересечения северо-западных и поперечных (северо-восточных) разломов проявился щелочно-ультрама-