

Таким образом, по основным петрохимическим показателям породы орангъюганско-лемвинского комплекса характеризуются более высокими содержаниями крупноионных элементов и близкими к NMORB содержаниями высоkozарядных элементов с резкой отрицательной аномалией циркония-гафния, и слабой – ниобия. Габбро-долериты орангъюганско-лемвинского комплекса имеют натриевый и калиево-натриевый тип щелочности. Породы леквожского комплекса относятся к субщелочным базальтам с повышенным содержанием калия и характеризуются относительно низкими концентрациями элементов-примесей по сравнению с составом среднемирового базита. Отличительной особенностью долеритов леквожского комплекса является отрицательная аномалия Eu, в то время как графики редких земель орангъюганско-лемвинского комплекса пологи при содержаниях на уровне NMORB. Составы плагиоклазовых порфиритов леквожского комплекса характеризуются более высоким дефицитом европия и обогащены тяжелыми элементами, а орангъюганско-лемвинские образования менее дифференцированы и скорее отвечают первичным составам пород внедрившейся магмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатиков О.А., Гоньшакова В.И., Ефремова С.В. и др. Классификация и номенклатура магматических горных пород: Справочное пособие. М.: Недра, 1981. – 160с.
2. Дембовский Б.Я., Бабушкин В.А., Герасимов Н.Н. и др. Отчет по объекту: «Производство геологического доизучения и групповой геологической съемки м-ба 1:50000 Каро-Елецкой площади». Кн. 2. Воркута, 1983. С. 21-30.
3. Леденцов В.Н., Ремизов Д.Н., Феофилактов Ф.Н. Габбро-долериты реки Малой Лемвы (Приполярный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Инф. матер. 12-й научн. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 83-85.
4. Моргунова А.А., Соболева А.А. Петрология пород нияюского плагиогранит-тоналитового комплекса [Полярный Урал] / Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Инф. матер. 15-й научн. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 117-120.
5. Феофилактов Ф.Н. Новые данные по геологии Леквожского комплекса Бельско-Елецкой СФЗ [Полярный Урал] // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Инф. матер. 15-й научн. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 173-176.

КВАЗИПЛАСТИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В ЛИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Леонов М.Г.

Геологический институт РАН, г. Москва, m_leonov@ginras.ru

Представления о тектоническом течении горных масс на разных глубинных уровнях литосферы высказывались многими исследователями (например, Е.В.Артюшков, Б.И.Биргер, В.П.Трубицин, М.А.Гончаров, S.McCourt, J.Wilson, N.-A.Mörner, и др.). Проблема течения пород в верхних слоях земной коры наиболее полно рассмотрена в работах А.В.Лукьянова, Ю.В.Миллера, Е.И.Паталахи. В них показано принципиальное значение тектонического течения при формировании структурного плана земной коры, которая рассматривается как весьма подвижная субстанция, способная испытывать значительные пластические деформации. Данные, представленные в этом докладе, позволяют расширить знания о геологической роли тектонического течения и распространить эти представления на области внутриплатформенного (внутриплитного) тектогенеза, в том числе и на верхнюю «хрупкую» кору, а также и на пространства, занятые корой океанического типа.

Имеющийся фактический материал свидетельствует: породы фундамента молодых и древних платформ, также как и квазиплатформенных структур типа срединных массивов (микроконтинентов) складчатых поясов обладают внутренней подвижностью, которая обеспечивается комплексом структурных и структурно-вещественных преобразований, связанных с объемным тектоническим течением, т.е. с реидной деформацией. Проявление реидной деформации фиксируется в земной коре также возникновением различных тектонических и структурных ансамблей, свидетельствующих о реальном перемещении горных масс в пространстве.

Так, в пределах Дзирульского и некоторых других гранитных массивов развито катакластическое течение с незначительной переработкой вещественного состава. На Родопском и Мендересском массивах, где в составе фундамента преобладают сланцеватые метаморфические породы, возникают субгоризонтально-плоскостные объемные тектонические потоки с зонами тектонического расслоения. Субгоризонтальное и субслоистое течение зафиксировано в отложениях протоплатформенного чехла Карельского массива. В пределах молодого внутриконтинентального орогена Южного Тянь-Шаня выявлен сложный парагенез механизмов реидной деформации – это и катаклаз гранитоидных массивов, и пластическое течение в метаморфических сланцах, и меланжирование, и динамическая рекристаллизация. На плитных участках платформ наблюдаются

латеральные токи с формированием изогнутой сетки разломов или с переориентацией складчатой структуры и возникновением областей вертикально-плоскостного сдвигового течения. Масштабная реидная деформация фиксируется проявлением диапировой и протрузивной тектоники, что подтверждается исследованиями в пределах Южноафриканской и Североамериканской платформ, Байкальского региона, Тянь-Шаня и других регионов (литературу см. в [2]).

В результате действия механизмов реидной деформации и регионального проявления реидной тектоники формируются сложные коллажи структур вертикально- и горизонтальноплоскостного течения, а также протрузивно-купольные структуры. Протрузивный процесс, т.е. внедрение кристаллических масс под действием тектонической компрессии, осуществляется не только в вертикальном направлении, но образуются и горизонтальные протрузии (плито-потоки) с объемным сдвиговым течением горных масс.

Внутренняя подвижность фундамента платформ (плит) находит также отражение в деформации его поверхности и залегающего выше осадочного чехла. Характер этих дислокаций позволяет установить области оттока вещества, области ламинарного течения и области нагнетания, которые образуют структурные пары: «щит-плита», «антеклиза-синеклиза», «впадина-горное сооружение». Их пространственное расположение и конфигурация определяются процессами, происходящими в глубинных частях тектоносферы, и полем напряжений, свойственных данному региону. Степень изометричности структур и их масштаб зависят от степени склеротичности горных масс, степени анизотропии напряженного состояния и глубины заложения токов вещества, а также от влияния глобальных факторов, в частности от процесса деформации сфероида Земли. При заложении неоднородностей и тектонического течения на мантийном и астеносферном уровнях приповерхностные структуры будут иметь межрегиональный или крупнорегиональный размер (Южный Тянь-Шань), а при заложении неоднородностей в более верхних горизонтах коры, структуры будут тем меньшей протяженности, чем меньше глубина заложения процесса. Можно говорить о проявлении в пределах молодых и древних платформ компрессионно-эжективной тектоники, сущность которой заключена в латеральном тектоническом перетекании горных масс на разных уровнях платформенной (или континентальной в целом) тектоносферы в неоднородном поле напряжений, вызванном как внутренней неоднородностью тектоносферы, так и приложением внешних тектонических сил, трансформации латеральных токов в вертикальные (и наоборот) и образования зон оттока вещества и областей его нагнетания.

Основной объем (от 50% до 85%) сиалических литосферных плит, или – лучше сказать – сиалических масс, по существующим представлениям, сформирован в раннем докембрии, и первично они занимали на глобусе совершенно иное положение. В последующем литосферные плиты перемещались в пространстве по сложной траектории на сотни и тысячи километров, пока не заняли своего современного положения. Но если литосферные плиты испытывают горизонтальные перемещения, причем на расстояния весьма значительные, то логично предположить, что эти движения должны найти отражение в проявлении вентуриплитных структурных, структурно-метаморфических и тектоно-магматических преобразованиях.

Действительно, как показано мной на многочисленных примерах, породы кристаллического основания древних кратонов испытывают структурные и вещественные преобразования, отражающие поступательное движение горных масс и изменение внутриплитного структурного плана. Главной формой тектонических движений при этом является деформация объемного течения горных пород в твердом и квазипластическом состоянии, сопровождаемая комплексом вещественных (метаморфизм, плавление, гранитизация) преобразований. Конечным результатом является формирование гигантских горизонтальных кристаллических протрузий или плито-потоков. Подобный механизм формирования структуры массива и пространственного расположения его парагенетических ансамблей находит подтверждение и при физическом моделировании.

Для структуры горизонтальных протрузий (плито-потоков) и проявления в их пределах тектоно-деформационного процесса характерны следующие особенности.

(1) Специфический структурный парагенез, отражающий поступательное движение масс и их объемное сдвиговое течение по направлению длинной оси структуры. В парагенез входят: зоны сплющивания и нагнетания (*flattening and squeezing zones*); линейные зоны осепродольного течения (*zones of lengthwise-axial concentrated tectonic flow*); зоны субгоризонтального течения (*lateral tectonic flow*) и срывов (*detachments*); зоны диссипативного сдвигового объемного течения (*dissipated strike-slip flow zones*); зоны относительной декомпрессии и оттока горных масс (*distention or asylum zones*). Первые три категории – это зоны концентрированных деформаций (*high-strain shear zones*). Также характерны: общая синформная чешуйчато-покровная структура и конформный подковообразный изгиб структурных линий в плане; наличие поперечных складок коробления; развитые по всему объему структуры пластического течения со сдвигово-надвиговой кинематикой; наличие колчановидных складок.

(2) Структура типа «матрешки» с вложенными друг в друга тектоническими пластинами, разделенными зонами пластических срывов (*detachments*) и ярко выраженная внутренняя субслоистая структурно-метаморфическая расслоенность;

(3) Наличие краевых зон вязко-пластического сдвига, трансформированных в краевые надвиги и покровы.

(4) Внутренняя структура, отличающаяся от структуры соседствующих с протрузией тектонических элементов (зон, массивов, террейнов и пр.).

(5) Высокоградиентный метаморфизм с чередованием зон разной степени вещественной трансформации пород в зонах концентрированных деформаций (особенно в краевых зонах) и наличие в ряде случаев поясов гранулитового метаморфизма.

(6) Тектонически обусловленные субгоризонтальные внедрения магматического материала, приводящие к структурно-реологическому расслоению движущихся масс.

(7) Наличие гранитного магматизма, проявляющегося на поздних стадиях консолидации.

(8) Наличие субвертикальных и субгоризонтальных зон офиолитового и тектоно-метаморфического меланжей.

(9) Относительно слабое морфоструктурное расчленение рельефа (кроме фронтальных зон нагнетания и сплющивания).

Анализ литературных данных и специально проведенные исследования показывают: формирование «плито-потоков» – это фундаментальное и широко распространенное явление, определяющее многие черты структурной эволюции и геодинамики фундамента платформ и подвижных поясов. *Своим существованием они отражают реальную (зафиксированную в структуре коры) внутреннюю подвижность огромных объемов горных пород и реальную возможность их латерального перераспределения на разных глубинных уровнях литосферного слоя континентов.*

В ряде районов устанавливается определенная этапность формирования структурно-тектонического плана, которая коррелируется с этапами вещественного преобразования пород. При этом характерной чертой, не нашедшей должного отражения в геодинамических моделях, является чередование эпох растяжения и сжатия, которые фиксируются особенностями проявления деформационного, метаморфического и магматического процессов. В частности такая последовательность чередования эпох транспрессии и транстенсии была установлена нами для Карельского массива. Одним из возможных объяснений этого феномена может быть признание пульсационного режима Земли, но, исходя из современных представлений и парадигм, можно предложить иное решение. Чередование эпох транстенсии и транспрессии вполне объяснимо в случае признания асимметричности и незамкнутости конвективных ячеек и существования продольной (по длинной оси ячейки) субгоризонтальной ветви течения материала (т.е. элементов адвекции), а также наличие двухъярусной конвекции (адвекции) с относительно крупномасштабными ячейками в верхней мантии и более мелкими в пределах астеносферы-литосферы (рис. 3.3.3). В этом случае квазипластичные литосферные плиты при их латеральном перемещении последовательно будут попадать то в условия сдвига с растяжением, которое сопровождается проявлением основного вулканизма, слабым проявлением метаморфизма и подслаиванием коры за счет деплетированных мантийных и астеносферных масс (underplating), то в условия сдвига со сжатием, что сопряжено с интенсивными структурно-вещественными преобразованиями горных масс, гранитизацией и вертикальным аккрецированием корового слоя в пограничной зоне «фундамент-чехол» (intraplating, overplating). Чередование режимов «горячая» – «холодная» мантия (кора) в условиях «давление + сдвиг» приводит [1] к смене одной формы мантийной активности (магматизм, вулканизм) другой (метаморфизм и гранитизация).

Данная концепция, объединяющая явления латерального перемещения масс, их структурно-вещественную перестройку в режиме сдвигового течения и формирование гигантских горизонтальных протрузий (плито-потоков) находит подтверждение на примере материалов по Карельскому массиву, Украинскому щиту [3], поясу Лимпопо (Африка) [5] и других регионов.

Выявленные закономерности можно объяснить при допущении асимметричности конвективных ячеек и наличии директивной латеральной ветви течения. В этом случае дрейфующие сиалические массы будут последовательно попадать то в условия транспрессии с интенсивной структурно-вещественной переработкой, гранитизацией, вертикальным аккрецированием коры, то в условия сдвига со сжатием, что сопряжено с проявлением основного вулканизма, слабым метаморфизмом и подслаиванием коры за счет деплетированной мантии. Изложенная схема находится в согласии с расчетными моделями (например, [4]), которые объясняют механизм движения литосферных масс вдоль латеральных ветвей мантийных плюмов и изменение их термического режима во времени.

Иные соотношения верхнемантийных диапиров и структуры корового слоя наблюдаются на территории Южного Тянь-Шаня, который на новейшем этапе представляет собой часть Евразийского внутриконтинентального орогена, возникшего на месте молодой эпигерцинской платформы. Привлечение данных по структуре коренных толщ, глубинному строению, современному напряженному состоянию, а также физико-математических моделей – все это позволяет связать формирование неотектонического морфоструктурного

плана региона с объемным перераспределением вещества в коровом слое: оттоком горных масс из области впадин и нагнетанием их в область поднятия. Латеральное течение реализуется на разных уровнях верхне- и нижнекорового слоев. Возникновение латеральных токов и их трансформация в зоны вертикального подъема и нагнетания с последующим растеканием в стороны впадин причинно связаны с развитием неоднородностей в активизированной разуплотненной мантии и формированием верхнемантийных (астеносферных) плюмов. Реконструкция тектонической эволюции, структура горных масс и морфоструктура региона свидетельствуют о зарождении относительно изометричных плюмов (без ярко выраженного директивного течения вещества) на начальных стадиях плитного этапа (ранняя юра), об их относительно слабом выражении на плитном этапе (юра-ранний эоцен) и о резкой активизации мантийных неоднородностей на новейшем этапе.

Таким образом, можно говорить о двух разновидностях плюмов (конвективных или адвективных ячеек), с «ориентированным» и «неориентированным» течением вещества в их апикальных частях. Они имеют различное выражение в структуре корового слоя и в морфоструктуре его поверхности. В первом случае мы видим «нестационарное» развитие земной коры с неоднократной сменой режимов, преимущественно *сдвигающую тектонику и слабо выраженную морфоструктуру*. Во втором – относительно стационарный режим развития коры, *складчато-надвигающую тектонику и контрастную морфоструктуру*. Стационарный и нестационарный режимы могут, по-видимому, чередоваться во времени.

Структуры, отвечающие практически всем параметрам горизонтальных плито-потоков, обнаружены не только в континентальной литосфере, но и в пределах современных океанов и приокеанических зон (Карибско-Антильская дуга и дуга Скотия), и, таким образом, горизонтальные плито-потоки – это категория структур, имеющая глобальное распространение. В качестве предположения – интуитивного и основанного лишь на косвенных данных и соображениях логического характера – добавлю, что формирование данного типа структур сопровождается образованием «гранитно-метаморфического» слоя за счет структурно-вещественной переработки отложений, сначала краевых зон структуры, а затем и мощных осадочных толщ котловин втуридуговых бассейнов. Происходит постепенная кратонизация внутренних объемов дуговых структур описанного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванкин П.Ф. В кн.: Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1985. 259 с.
2. Леонов М.Г. Тектоника консолидированной коры. М.: Наука, 2008. 464 с.
3. Паталаха Е.И., Лукиенко А.И., Гончар В.В. Тектонические потоки как основа понимания геологических структур. Киев: НАН Украины, 1995. 159 с.
4. Трубицин В.П., Рыков В.В., Трубицин А.П. Конвекция и распределение вязкости в мантии // Физика Земли. 1997. № 3. С. 3-10.
5. McCourt S., Wilson J. Late Archaean and Early Proterozoic Tectonics of the Limpopo and Zimbabwe Provinces, Southern Africa Geol. Dept. & University West Austral. 1992. Publ. 22. P. 237-245.

К ТЕКТНИКЕ НЕВЕЛЬСКОГО (02.08.2007 г., М~6,1) ЦУНАМИГЕННОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (ЮЗ САХАЛИН)

Ломтев В.Л.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, lomtev@imgg.ru

Землетрясение произошло днем 2.08. 2007 г. на шельфе ЮЗ Сахалина (Татарский пролив) близ порта Невельск в зоне Западно-Сахалинского регионального разлома (рис. 1). По данным Сахфилиала ГС РАН его магнитуда составила (М) ~6,1 при глубине очага 12 км. По типу подвижки это был меридиональный взброс восточного (67°) падения, сопровождавшийся подъемом шельфа (рис. 2), тремя волнами цунами высотой до 2-3 м, несколькими ощутимыми (М~5,5-6) афтершоками на глубинах 10-12 км в течение следующих суток, выходами метана в порту и на побережье, деформацией зданий в прибрежной части города (более 200 из них определены к сносу), построенной на отсыпных, неравномерно обводненных (протечки) грунтах (В.П. Мясников, личн. сообщ.). Оползни, камнепады, осыпи, открытые трещины на дорогах, деформации ж/д и автомобильных мостов, домов и дачных домиков обнаружены южнее Невельска (по Н.А. Урбан [7]). Т.о. это знаковое событие, поскольку его магнитуда ниже общепринятой, пороговой (М7-7,5) для цунамигенных землетрясений, а само цунами возникло на малых, шельфовых глубинах [4]. Последнее местное цунами здесь было при Монеронском (М7,3) землетрясении 1971 г. Ниже обсуждается тектонические аспекты Невельского события, их связь со срывом Западно-Сахалинской коровой пластины к востоку по кровле асейсмичной литосферы (рис. 3; [10]).