

Русской плите, но его соседство и параллелизм с Уральским эпиплатформенным орогеном заставляют считать, что он формировался одновременно и в связи с последним. Таким образом, Тулвинская возвышенность сформировалась при поперечном к ней субширотном горизонтальном сжатии послепермского (скорее всего, новейшего) возраста, которое можно связывать с давлением находящегося к востоку новейшего Урала [4].

Решить вопрос о том, почему новейший свод возник именно на этом месте, помогают результаты сопоставления новейшей структуры с палеоструктурами фанерозоя. Структурные и палеотектонические карты для разных горизонтов платформенного чехла рассматриваемой территории составлялись многими исследователями (А.А. Болотов и др., 1988; И.И. Денисов, 1984; Ю.А. Жуков и др., 1980, и др.). Контур новейшего вала четко совпадает с восточной (меридионального простирания), самой глубокой ветвью Калтасинского рифейского авлакогена, внутри которого накопилась огромная по мощности (до 6-7 км) толща терригенных пород нижнего этажа платформенного чехла (рис. 1, А). В венде и раннем палеозое на месте современного Тулвинского поднятия еще сохранялась пониженная Бабкинская структурная терраса (седловина), на западе и востоке ограниченная меридиональными валами: Осинским и Кунгурско-Красноуфимским соответственно, а на севере — Пермским сводом северо-восточной ориентировки. В конце среднего и в позднем девоне, в связи с заложением Палеоуральского океана Бабкинская терраса вошла в состав Камско-Кинельской системы перикратонных прогибов в качестве одного из частных трогов между Пермским и Кунгурско-Башкирским выступами (рис. 1, Б). Современному Тулвинскому валу в то время опять соответствовала осевая зона глубокого некомпенсированного прогиба — Бабкинского, контур которого близок таковому рифейскому авлакогену. В карбоне трог Камско-Кинельской системы (в том числе и Бабкинский) постепенно заполняются осадками и нивелируются (рис. 1, В). В конце карбона Бабкинский прогиб полностью исчезает, но Тулвинский вал в рельефе пока не выражен. В поздней перми территория западного борта Предуральского прогиба вовлекается в поднятие герцинского Урала, тогда как депоцентр прогиба смещается в сторону Восточно-Европейской платформы (рис. 1, Г).

Таким образом, Тулвинский вал унаследовал глубокий палеозойский прогиб. Это позволяет предположить, что его возникновение на данном месте обусловлено релаксацией новейших напряжений горизонтального сжатия. В таком случае Тулвинский вал в данном отношении не отличается от многих других зон внутриплитных дислокаций Восточно-Европейской платформы, которые приурочены к авлакогенам и обновились в альпийское время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева О.Л. Суммарная расчлененность рельефа Пермской области // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала: Междувед. Сб. науч. Трудов. Пермь: Перм. Ун-т, 1982. С. 54-63.
2. Введенская Н.В., Голубева И.И. Спирин Л.Н. Новые направления в методике структурно-геоморфологических исследований восточной окраины Русской платформы и Западно-Сибирской плиты // Тр. Пермского политехнического ин-та, вып. 87. Геология и полезные ископаемые Урала и Приуралья. Пермь: ППИ. 1971. С. 114-122
3. Вохмянина Е.И. Проявления неотектоники в рельефе Прикамья и ее связь с палеозойскими структурами // Проблемы тектонических движений и новейших структур земной коры. М.: Недра, 1968. С. 179-184
4. Копп М.Л. Новейшая деформация Южного Урала и Мугоджар и ее вероятное происхождение. Геотектоника, 2005. № 5. С. 36-61
5. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // Геотектоника, в печати, 2008
6. Шимановский Л.А., Алексеева О.Л. Крутизна наклона рельефа Пермской области / Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала: Междувед. Сб. науч. Трудов. Пермь: Перм. Ун-т, 1977. С. 73-79.
7. Шимановский Л.А., Алексеева О.Л. К характеристике новейших тектонических движений Пермской области / Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала: Междувед. Сб. науч. Трудов. Пермь: Перм. Ун-т, 1988. С. 50-58.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ

Короновский Н.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, koronovsky@dynamo.geol.msu.ru

В настоящее время усилия многих геологов, геофизиков, геохимиков и математиков направлены на выяснения глубинного строения Земли и, особенно, процессов, происходящих в мантии, ответственных за события в земной коре. Сегодня уже нет сомневающихся в том, что именно глубинные процессы порождают структуры, наблюдаемые на поверхности. За последние три десятилетия, благодаря применению сейсмической томографии, математического и физического моделирования, опытов при высоких давлениях и температурах, появилось много новых данных позволяющих говорить с гораздо большей определенностью о строении и составе мантии Земли. Достаточно уверенно можно говорить о позиции астеносферного слоя под разными структурными элементами земной коры.

На глубинах от границы М и до границы в 410 км происходит фазовый переход оливина в бета-оливин. На рубеже 410-420 км скорости продольных и поперечных волн изменяются в сторону увеличения на 4%, а плотность возрастает на 6%. Глубже 420 км фазовый переход обеспечивает замещение бета-оливина в гамма-оливин, а на глубине 660 км обнаружена очень резкая и тонкая граница примерно в 4 км мощности, где скорости продольных и поперечных волн увеличиваются на 6%, а плотность на 10%. Эта граница верхней и нижней мантии обладает разной проницаемостью как для погружающихся холодных слэбов, так и для поднимающихся плюмов. Ниже этой границы вязкость мантии увеличивается в 30 и более раз и гамма-оливин переходит в минерал с перовскитовой структурой и в магнезиовюстит. Фазовые переходы на границе верхней и нижней мантии являются эндотермическими и поэтому на данном рубеже могут возникать трудности для конвективных потоков, особенно для плюмов.

В пределах нижней мантии, т.е. от глубин 670 до 2900 км картина менее ясная, но и в этом интервале выделяются несколько рубежей изменения сейсмических скоростей, а, соответственно, и плотности, позволяющих говорить о появлении все более плотных минеральных фаз. Наконец, на границе нижней мантии и внешнего ядра выделяется слой D'', обладающий неравномерной мощностью, колеблющейся от десятков км до 300-350 км, который существенно подплавлен и может служить источником для плюмов. На этом рубеже наблюдается уже переход к минералам с постперовскитовой структурой. Окончательно неясно, полностью ли расплавлено внешнее ядро, тогда и внутреннее ядро, скорее всего состоит из полутвердого вещества.

Можно считать установленным, что в мантии происходят медленные конвективные перемещения вещества, однако, какой характер носит эта конвекция, имеет ли она два или более яруса, какую природу имеет слой D'' и представляет ли он собой только фазовые изменения или это вещество разного состава, или просто термальная граница, или, наконец, вещество из субдупцированных слэбов все еще предмет оживленных дискуссий.

Сейсмическая томография помогла нам выявить вполне определенно, что холодная океаническая литосфера в активных континентальных окраинах действительно погружается под более легкую и плавучую континентальную литосферу. Процесс субдукции однозначно доказан не только геофизическими методами НСП, но и глубоководными скважинами, результаты бурения которых показали, что в этой зоне затягиваются и осадочные отложения верхов океанической коры. Судя по томографии погружающиеся слэбы ведут себя по-разному. В одних случаях, достигая рубежа в 670 км слэб образует утолщение, своеобразную «бульбу»; в других – как бы растекается вдоль границы верхней и нижней мантии (слэб в стадии стагнации); в третьих – проникает через этот плотностной рубеж и погружается в нижнюю мантию, достигая слоя D''. Иногда от «бульбы» отрывается часть, которая самостоятельно опускается вниз. Вообще, в интервале 410-660 км рисуются очень сложные взаимоотношения между остатками стагнирующих слэбов, новыми погружающимися слэбами и возникающими в этой зоне небольшими плюмами из слоя, обогащенного водой.

Что касается плюмов, то существует очень много моделей, изображающих с разной степенью доказательности их перемещение в мантии. Почти все исследователи полагают, что крупные плюмы или суперплюмы возникают в зоне D'' с ультранизкими сейсмическими скоростями, поднимаются через нижнюю мантию со скоростью до 1 см в год и, достигая рубежа в 670 км – этого четко выраженного барьера ведут себя по-разному. Вещество плюма, менее вязкое, чем низы верхней мантии, растекается вдоль этой поверхности в верхней мантии и от него могут ответвляться более мелкие плюмы. В других случаях этого не происходит. Сейчас становится более понятным значение рубежей в 410 и в 670 км, играющих роль своеобразных экранов для конвектирующих потоков. Кроме того, что они служат препятствием для потоков через них может и прорываться материал из верхней мантии в нижнюю, создавая весьма сложную картину конвектирующих струй или потоков.

В последние десятилетия были проведены многочисленные компьютерные, лабораторные и математические исследования возможных схем конвекции вещества мантии, в ряде которых большое значение придается эклогитизации погружающейся океанической коры, что сопровождается увеличением плотности почти на 20%. Именно это тяжелое вещество может «проваливаться» в нижнюю мантию, достигая слоя D'', что вызывает подъем более нагретого материала в виде плюмов. Таким образом, погружение как бы компенсируется всплыванием. Созданные модели в чем-то похожи друг на друга, но иногда и сильно различаются, т.к. фактического достоверного материала пока еще недостаточно, но все же очевидно, что конвекция в мантии, какая бы она не существовала, имеет нелинейный характер и зависит от множества крайне незначительных флуктуаций разных параметров, что особенно важно для моделей термохимической конвекции.

Существующие разные модели конвекции в пределах нескольких оболочек, по крайней мере двухъярусной конвекции неизбежно приводят их авторов к попыткам объяснения формирования и распада суперконтинентов или Пангей, которые сейчас фигурируют под разными названиями. Почти единодушное мнение о том, что распад суперконтинентов связан с плюмами, которые вызывают прогрев мантии под ними, т.к. континенты являются хорошими изоляторами, экранируя тепловой поток, что вызывает дополнительное нагревание под ними мантийного вещества. Самое любопытное следствие из хаотической, нелинейной конвекции – это формирование хорошо известной цикличности геологических событий, например, циклов Вилсона, Бертра, Штиле и других, даже более мелких.

Таким образом, изучение глубинного строения Земли, особенно структуры ее мантии различными методами, позволяет геологам лучше понять, каким образом и почему шло развитие самой верхней оболочки Земли – земной коры.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СВЯЗИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ И ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР КАРЕЛЬСКОГО БЕЛОМОРЬЯ

Корсакова М. А., Иванов Н. М.

ГГУП «Специализированная фирма «Минерал», г. Санкт-Петербург, Velikanova45@mail.ru

Анализ многочисленных материалов предшествующих исследователей, составление и подготовка к изданию четырёх листов Госгеолкарт-200 второго поколения [3, 4], а также составление геологической карты масштаба 1:1 000 000 российской части Фенноскандинавского щита [5] позволили сделать ряд выводов, касающихся различных аспектов внутреннего строения и природы беломорид, их площадного развития и границ со смежными структурными областями. Часть этих выводов носит альтернативный характер по отношению к наиболее распространенным в настоящее время представлениям о геологическом строении беломорид.

Карельское Беломорье является юго-западной частью обширного Беломорского геоблока или подвижного пояса (БПП), граничащего на востоке с Карельским кратоном (Кк). Его внутренняя структура рассматривается как система незакономерно чередующихся линейных зон и мозаично-блоковых структур, сложенных, в основном, ранне-позднелопийскими беломорскими плутоно-метаморфическими образованиями, к которым не применимы стратиграфические методы картирования и такие понятия как серия и свита. Выделяются следующие основные структурно-вещественные подразделения, имеющие широкое площадное развитие в пределах БПП: *хетолампинский плагиомигматит-амфиболит-кристаллосланцевый (апогаббро-анортозитовый), котозерский мигматит-плагиогранитовый и керетьский мигматит-анатектит-гранитовый комплексы* [3,4].

На обширных площадях развития *хетолампинского комплекса* не выявлено текстурно-структурных признаков вулканогенных пород. Отнесение к вулканитам (метаандезитам и метариодацитам) мелкозернистых гранат-биотитовых гнейсов района Тупой Губы оз. Ковдозера и района оз. Ворочистого только на основании петрохимических данных [1,2,6] нельзя считать обоснованием принадлежности их к классу вулканитов. В тоже время в амфиболитах и кристаллосланцах *хетолампинского комплекса* достаточно часто устанавливаются реликтовые габбровые, пан- и гипидиоморфнозернистые структуры, свидетельствующие об их принадлежности к основным плутоническим породам. Непосредственно в обнажениях наблюдаются постепенные переходы ортоамфиболитов и ортокристаллосланцев в метагабброиды и метаанортозиты с четко распознаваемыми текстурно-структурными признаками плутонитов. При этом постоянно наблюдаемое в шлифах развитие амфибола по плагиоклазу свидетельствует о более широком первоначальном развитии лейкократовых плутонитов – лейкогаббро и анортозитов. Реже в составе комплекса встречаются маломощные пластовые и линзовидные тела метаультрабазитов (гарцбургитов). Значительная часть амфиболитов и кристаллосланцев мигматизирована и превращена в различные по составу и морфологии плагиомигматиты, называемые обычно гнейсами. Максимальным развитием на современном эрозионном срезе *хетолампинский комплекс*, в практически не затронутом плагиогранитизацией, виде пользуется в районе оз. Энгозеро и к югу от него, где ему соответствует высокоинтенсивное гравиметрическое поле западного склона регионального Соловецкого гравиметрического максимума. По-видимому, *хетолампинский комплекс* представляет собой реликтовую мафическую кору первично ультрамафит-габбро-анортозитового состава, сопоставимую с океанической. Формирование его происходило в интервале 3.2-3.0 млрд. лет в режиме, который может быть назван протоокеаническим.

Котозерский мигматит-плагиогранитовый комплекс, имеющий преобладающее развитие на рассматриваемой территории, представлен широким кругом средне-кислых плутонитов от диоритов и кварцевых диоритов до мигматит-гранитов с преобладанием тоналитов. Все они в той или иной степени огнейсованы часто полосчатые, в основном, за счет послонной мигматизации плагиоклазовым и плагиомикроклиновым материалом. Гранитоиды содержат включения (реликты?) ортоамфиболитов, ортокристаллосланцев и амфиболсодержащих плагиомигматитов *хетолампинского комплекса*, доля которых в общем объеме пород составляет обычно порядка 2%, иногда повышаясь до 5%. Котозерский комплекс рассматривается как слой земной коры, образовавшийся в процессе дифференциации и анатектического плавления нижнего базитового слоя и отвечающий стадии ранней кратонизации БПП на рубеже 2.95-2.9 млрд. лет, проходившей в режиме корово-мантийного смешения.

Керетьский мигматит-анатектит-гранитовый комплекс представлен двуполевошпатовыми гранитами, мигматит-гранитами и тeneвыми мигматитами с достаточно хорошо распознаваемым субстратом – плагиогранитоидами котозерского комплекса. Его формирование происходило в интервале 2.7-2.65 млрд. лет. Основная масса гранитов сосредоточена в субмеридиональной полосе вдоль западной границы БПП с КК, развиты они также и во