

К проблеме генетического основания древней Восточно-Европейской платформы

© Ю. П. Оровецкий, 2010

Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина
Поступила 3 февраля 2010 г.

Представлено членом редколлегии В. И. Старостенко

Розглянуто модель неодноразової, в тому числі сучасної, активізації Верхньоволзького мантіяного суперплюма, що розміщується у центрі давньої Східноєвропейської платформи, для якої він є генетичним фундаментом.

The repeated activation including the present one of the Uppervolga mantle superplume located in the center of the ancient East European platform for which it is its genetic basement has been presented.

Известные в недавнем прошлом тектонисты — и В.В. Белоусов, и А.В. Чекунов — утверждали, что основой любой геотектонической гипотезы должна служить геологическая карта. С ее помощью, «как бы с птичьего полета», расшифровывается внутреннее строение Земли. И в этом с ними нельзя не согласиться.

После опубликования С.В. Богдановой с соавторами серии статей (в том числе и [Bogdanova et al., 2006]) о строении Восточно-Европейской платформы, где доминируют теоретические представления плитовой тектоники, этот древний кратон изображается ее сторонниками в виде столкнувшихся в раннем протерозое [Гарецкий, Каратаев, 2008] в центральной его части трех литосферных плит — Фенноскандии, Волго-Уралии и Сарматии (рис. 1). Это утверждение уже само по себе является дискуссионным, хотя бы потому, что до настоящего времени тектоникой литосферных плит не доказана реальность существования в докембрии мантийной, тем более трехсторонней, конвекции — основного механизма их миграции. Сама же мантийная конвекция, принятая априори, без должного на то фактического обоснования, оказалась, при широком обсуждении [Оровецкий, Коболев, 2006], задачей неустойчивой, имеющей множественность решений, и потому несостоятельной.

Место столкновения упомянутых литосферных плит находится над Верхневолжской гранит-зеленокаменной провинцией (рис. 2, а) с ее высокотемпературными, перегретыми ги-

пербазитовыми коматиитами, возраст которых относится к позднему архею. По данным Т.П. Егоровой, под основанием гранит-зеленокаменной провинции, согласно конфигурации разностных гравиметрических аномалий, полученных после вычитания корового эффекта из наблюдаемого поля силы тяжести, а также в результате применения метода гравиметрического 3D моделирования, на глубинах 175—250 км располагается высокоплотная аномалия, отождествляемая с Верхневолжским мантийным плюмом. Его очертания имеют тройное макрорадиальное векторное строение в направлениях на север, восток и запад [Егорова, 2006].



Рис. 1. Тектоническая схема Восточно-Европейской платформы, по [Bogdanova et al., 2006]: I—III соответственно Фенноскандия, Волго-Уралия, Сарматия; ТТ — зона Тейссейре—Торнквиста; крест — шовные зоны (рифтогены).

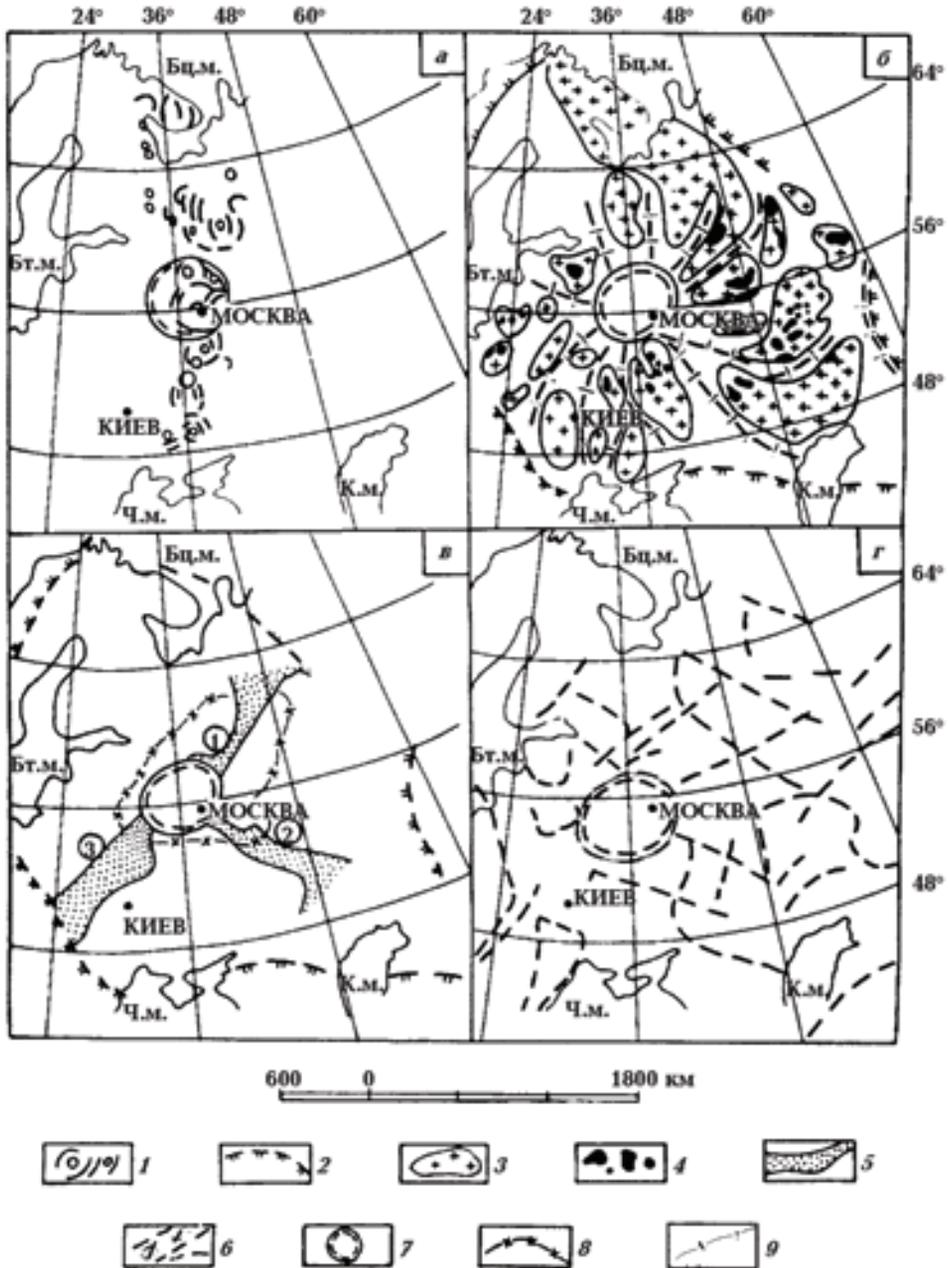


Рис. 2. Эволюционная схема (поздний архей — квартал) Восточно-Европейской платформы: а — поздний архей; б — ранний протерозой; в — рифей; г — квартал (разрезено); 1 — кольцевые морфоструктуры Восточно-Европейско-Мозамбикского горячего пояса Земли, по данным дистанционных методов; 2 — граница Восточно-Европейской платформы в раннем протерозое; 3 — протоплатформенные массивы; 4 — магматогены; 5 — рифтогены; 6 — локальные тектонические нарушения; 7 — Верхневолжский triple junction Восточно-Европейской платформы; 8 — граница Московской синеклизы; 9 — оси компенсационных впадин протогеосинклиналей. Рифтогены (цифры в кружках): 1 — Среднерусский, 2 — Пачелмский, 3 — Вольно-Оршанский; Бц.м., Бт.м., К.м. — соответственно Баренцево, Балтийское, Каспийское моря.

В 1991 г. М. Е. Артемьев, В. А. Кучериненко и М. К. Кабан показали в этой же области на мантийных глубинах расположение крупного центра избыточных аномальных масс, что отражено на схеме плотностных неоднород-

ностей литосферы [Тектоносфера ..., 1978]. По-видимому, указанная аномалия также имеет непосредственное отношение к Верхневолжскому мантийному плюму, который принадлежит к архейскому Восточно-Европейско-Мо-

замбикскому горячему поясу Земли и, как представляется, связан с ее внешним слабовязким ядром [Оровецкий, Коболев, 2006].

Верхневолжский мантийный плюм ограничен координатами 45° и 70° с.ш. и 30° и 55° в.д. на площади около 5 млн км^2 , что грубо соответствует очертаниям фундамента Восточно-Европейской платформы в раннем протерозое (рис. 2, б) и дает основание предполагать идентичность времени заложения этого плюма.

В области столкновения литосферных плит показаны шовные зоны (см. рис. 1), ранее известные как рифтогенные структуры растяжения (рис. 2, в). Их возраст определялся как позднепротерозойский [Валеев, 1978].

Несколько ранее С. В. Богданова совместно с Р. А. Гафаровым и С. В. Черноок опубликовали Тектоническую карту фундамента Восточно-Европейской платформы в раннем протерозое [Bogdanova et al., 1981]. В основе карты лежат материалы анализа геологосъемочных работ (см. рис. 2, б). Согласно этим материалам, территория древнего кратона сложена радиально виргирующими относительно того же Верхневолжского мантийного плюма и регулярно чередующимися протоплатформами и протогеосинклиналями. Первые (эпиархейские области консолидации земной коры) повсеместно представлены положительными формами рельефа фундамента. Его вещество испытало реоморфизм амфиболитовой стадии, что характеризует здесь высокий палеотепловой поток, и прорвано магматогенами ультрабазитов, базитов и гранитоидов возрастом $1,9\text{—}1,6$ млрд лет. В целом протоплатформы конформны очертаниям разделяющих подвижных складчатых областей раннепротерозойских протогеосинклиналей (рис. 2, б).

Приведенные тектонические схемы (см. рис. 1 и 2, б) одного и того же автора визуально и по степени компонентности трудно признать ассоциативными.

Впоследствии с помощью методик статистической фильтрации волновых полей и генетического сейсмогравитационного моделирования в основании протоплатформ были обнаружены мегаинтрузии мантийных диапиров изначально, до дифференциации, первично-ультраосновного состава [Оровецкий, 1990; Orovetsky, 1999; Оровецкий, Коболев, 2006]. В итоге граничащие с ними протогеосинклинали, представляющие собой отрицательные морфоструктуры поверхности фундамента, автоматически, согласно всеобщему закону сохранения, перешли в ранг компенсацион-

ных впадин. Вихреобразное, по часовой стрелке, расположение их осей (рис. 2, б), отвечает пространственной, в том же направлении, герцинской активизации фанерозойских тектогенов, окружающих платформу, и, вероятно, является наложенным.

Таким образом, Верхневолжский мантийный плюм оказался активизированным не только в архее, но и в раннем протерозое. В течение этого периода площадь его активизации намного увеличилась и достигла границ, указанных на рис. 2, б. Создается впечатление, что в позднем архее указанный тектонический узел в Восточно-Европейско-Мозамбикском горячем поясе Земли был одним из многих, а в раннем протерозое — уже единственным, по которому транспортировалось перегретое вещество глубинных геосфер. В первом случае данное перемещение, видимо, было сравнительно незначительным по объему и привело лишь к формированию локальной вулканической области горячего пояса. Во втором — продуктивность транспортировки неизмеримо возросла. Поступившего материала вместе с кондуктивно ремобилизованным объемом оказалось достаточно для создания крупной астенообласти, соизмеримой по площади с Восточно-Европейской платформой.

Внедрение указанного глубинного вещества знаменовалось постепенным воздыманием земной поверхности, что зафиксировано здесь наличием площадных кор выветривания возрастом, в частности, $2,6\text{—}2,5$ млрд лет. В конце указанного периода ($1,9\text{—}1,8$ млрд лет) архейская континентальная кора над мантийным плюмом вследствие этого воздымания была тотально «взломана» и поливергентно расчленена. В результате раннепротерозойский тектонический план этого сферического сегмента Земли оказался представленным регулярным чередованием протоплатформенных массивов с мантийными диапирами в их основании и соседствующими с ними синформами компенсационных впадин протогеосинклиналей. Причем общее их формирование происходило не в условиях сжатия, как это подчеркивается в модели [Bogdanova et al., 2006], а в условиях растяжения, что подтверждает реальность расположения на месте межплитных швов рифтогенных структур [Валеев, 1978].

Подплавленные перегретым веществом мантийного плюма в своем основании породы кровли в гравитационном поле Земли дол-

жны перемещаться по его поверхности от более высоко расположенной центральной части к подножию [Superplumes..., 2007]. Этот механизм, как представляется, будет сопровождаться на поверхности рифтингом, а на глубине — поддвиго-надвиговой тектоникой, что, видимо, и отражено на профиле ГСЗ EUROBRIDGE в южной части Восточно-Европейской платформы в виде полого падающих к ее периферии крупных зон разломов, погружающихся в верхнюю мантию [Vogdanova et al., 2006].

В данном контексте нужно вспомнить, что в 1959 г., в связи с прогнозом извержения вулкана Килауэа, американским вулканологом Джерри Итоном впервые инструментально зафиксировано воздымание земной коры на Гавайских островах [Тагиев, 1980].

Следующий деструктивный этап в развитии Восточно-Европейской платформы происходил между ранним рифеем и средним вендом, в интервале 1,65—0,68 млрд лет, и длился около 1 млрд лет. Он вошел в историю как авлакогенный и также был связан со сводообразованием и рифтингом, вызванными очередной, рекуррентной активизацией Верхневожского мантийного плюма, в результате которой сформировались Среднерусский, Пачелмский и Вольно-Оршанский рифтогены. Как и в раннем протерозое, оси перечисленных структур растяжения пересеклись в области Верхневожского тектонического узла, что подчеркивает их тройное сочленение (рис. 2, в), формально идентичное приведенному в модели (см. рис. 1). Эта очередная температурная активизация занимала территорию, меньшую, чем предыдущая. В итоге образовались крупные анортозит-рапакивигранитные интрузии, которые в виде Украинской, Белорусской, Польской, Прибалтийской, Карельской и Волго-Уральской провинций окаймляют периметр возбужденной астенообласти и Верхневожский тектонический узел по новой, уже рифейской (около 1,65 млрд лет), внутренней границе древней платформы. Магматизм на территории упомянутых выше рифтогенов наиболее широко, в виде мощного траппового вулканизма, проявился в среднем рифее. В Пачелмском авлакогене на протяжении рифея накапливались красно- и пестроцветные отложения, что свидетельствует о высоком стоянии его территории в тот период [Оровецкий, Коболев, 2006; Orovetsky, 1999].

В пределах Вольнской впадины зафиксирована мощная средневендская вулканичес-

кая толща, суммарный объем которой измеряется тысячами кубических километров. Общее реверсивное погружение перечисленных рифтогенов связано, по всей вероятности, с термоусадкой Верхневожского мантийного плюма, что, судя по его расположению, может коррелировать с формированием Московской синеклизы (рис. 2, в) [Тектоносфера..., 1978; Orovetsky, 1999].

Таким образом, упомянутая байкальская температурная активизация территории Восточно-Европейской платформы сопровождалась очередной интенсивной магматической фазой Верхневожского мантийного плюма, что привело к очередным сводообразованию и рифтингу.

В фанерозое динамика развития Восточно-Европейской платформы также представлена периодическими импульсными движениями, но меньшей амплитуды. Они сопряжены с каледонским и герцинским диастрофизмами и рекуррентно зашифрованы в регрессивно-трансгрессивных разрезах осадков. Для торцового сочленения Среднерусской, Пачелмской и Вольно-Оршанской структур растяжения на герцинском этапе (0,37—0,22 млрд лет) было характерным массовое поступление низкотемпературных гидротермальных растворов. На альпийском этапе пульсирующие сводовые движения прекратились одновременно с затуханием магматической деятельности [Тектоносфера..., 1978].

В связи с изложенным отметим, что также впервые в 1973 г. R. Burke и J. F. Dewey обратили внимание на образование над структурами мантийных плюмов тройных рифтогенов. Такое их пространственное расположение они считали наименее энергоемкой конструкцией при реализации напряжений растяжения в консолидированной коре при сводообразовании. Эти структуры вошли в практику геотектоники под названием «triple junctions» (тройные соединения — англ.) [Burke, Dewey, 1973]. Они имеют распространение в пределах того же Восточно-Европейско-Мозамбикского горячего пояса Земли, но уже на территории Экваториальной Африки, где образуют на крупнейшем в регионе Нубийско-Аравийском своде известный тектонический треугольник Афар. Он расположен над мантийным плюмом, который достигает поверхности внешнего ядра Земли и объединяет рифтогены Аденский, Эфиопский и Красного моря с их глубинным магматизмом и сверхвысокой плотностью теплового потока. Тройные палеорифты Балтийского

моря, его Ботнического и Финского заливов заложены в раннем рифее и сопровождались, в частности, отложением в грабене Нордингоро красноцветов — индикатора высокого стояния территории (см. выше) — и образованием крупных интрузий щелочных гранитов типа Рагундо-Нордингро. В тройном соединении находятся также рифты Северного моря — Викинг, Морей Ферт и Центральный, для которых характерен интенсивный триас-юрский магматизм. Структуры triple junctions известны также в Черном море, над Западным и Восточным эоценовыми мантийными мультимагматогенами; в Атлантическом океане — вулканические о-ва Исландия и Буве с его гигантским стратовулканом; в Индийском океане — Родригес, Аравийское море, где широко развиты гипербазитовые магматиты; в Тихом океане — о-ва Пасхи и Туамоту [Тектоносфера ..., 1978] и др.

Следует также обратить внимание на то, что структуры triple junctions были получены и при тектонофизическом моделировании внедрения мантийных плюмов [Гутерман, 1987; Настенко и др., 1978].

Отдельными исследователями (Р. И. Кутас, В. А. Цвященко, 1993; В. В. Гордиенко, 1993—1995; И. В. Гордиенко, О. В. Завгородняя, 1995; С. Н. Кулик, 1996 и др.) отмечается очередная температурная активизация Восточно-Европейской платформы вдоль ее западной раннепротерозойской границы (зона Тейссейре—Торнквиста) и на юге, в районе также раннепротерозойского Кировоградского протоплатформенного массива. Здесь на общей глубине около 50 км выявлено несколько зон повышенной электропроводности. Толщина зон изменяется от 40 до 125 км. Они отождествляются с молодой, не старше 5 млн лет, активизацией тектоносферы; с ними связаны повышенные тепловые потоки, сейсмотектоника и пониженные скорости распространения упругих колебаний [Оронецкий, 1997].

Структура древней Восточно-Европейской платформы в четвертичном периоде (квартере) отражена на Карте геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны России [Бабак, 1984], где на общем фоне частой локальной разломной тектоники на месте Верхневолжского triple junction отчетливо прослеживается подобная кольцевая структура (рис. 2, г). Если в архее, раннем протерозое и рифее ее диаметр составлял около 600 км, то в квартере он достигает уже 700 км.

На современной физической карте [Атлас ...,

1977] в центральной части Восточно-Европейской платформы, над Верхневолжским triple junction, располагаются Московская, Среднерусская, Смоленская и Приволжская возвышенности с максимальными гипсометрическими отметками около 350 м. Эти возвышенности по периферии окружены наибольшими на Русской равнине водными магистралями Днепра и Волги. Их верхние и средние течения образуют здесь отчетливо видимое кольцо, несколько вытянутое к северо-востоку. В этом направлении диаметр кольца уже составляет 1200 км, что вдвое превышает диаметр его глубинного основания и дает право говорить о центриклинальном залегании Верхневолжского triple junction. Сложившаяся тектоническая ситуация, согласно тектонофизическому моделированию [Гутерман, 1987], характеризует процесс воздымания, что и зафиксировано в этом месте перечисленными выше внутрикольцевыми возвышенностями.

Внутри упомянутой кольцевой морфоструктуры второстепенные водотоки (реки Ока, Мокша, Хопер, Дон, Псел, Ворскла и Десна) занимают радиальные направления, что может быть связано с преемственностью ими радиальной вергентности более древних тектонических нарушений.

Итак, в результате выполненного тектонического анализа разновозрастных карт Восточно-Европейской платформы подтверждена ранее установленная закономерность унаследования динамики развития планетарных глубинных структур тектоносферы их приповерхностными сооружениями. Установлено также, что сама Восточно-Европейская платформа формировалась в период с раннего протерозоя по настоящее время в условиях растяжения и не является продуктом встречной миграции литосферных плит, как на это указывается в модели на рис. 1.

Главная проблема, поставленная в заголовке статьи о генетическом основании древней Восточно-Европейской платформы, решается в пользу расположенного на глубинах 175—250 км мантийного плюма, по-видимому, непосредственно связанного с внешним жидким ядром планеты. Его внедрение по Восточно-Европейско-Мозамбикскому горячему поясу Земли сопровождалось в раннем протерозое консолидацией архейской земной коры в виде древнего кратона. Общая площадь (около 5 млн км²) дает основание относить его магматическую структуру к суперплюму.

В итоге подчеркнем, что модель строения древней Восточно-Европейской платформы, в основе которой лежат теоретические пред-

ставления плитовой тектоники [Bogdanova et al., 2006], не вселяет уверенности в ее реальности.

Список литературы

- Атлас Мира. Западная Европа.* — Москва: ГУГК при Совете Министров, 1977. — 95 с.
- Бабак В. Н.* Карта геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР. — 1:1 500 000. — Москва: ГУГК СССР, 1984.
- Валеев Р. Н.* Авлакогены Восточно-Европейской платформы. — Москва: Недра, 1978. — 152 с.
- Гарецкий Р. Г., Каратаев Г. И.* Слободский тектоно-геодинамический узел в центре Восточно-Европейской платформы. Материалы 14-й Международной конф. «Связи поверхностных структур земной коры с глубинными», г. Петрозаводск, 27—31 окт. 2008 г. — Петрозаводск, 2008. — Ч. 2. — С. 113—116.
- Гутерман В. Г.* Механизм тектогенеза. — Киев: Наук. думка, 1987. — 172 с.
- Єгорова Т. П.* Літосфера Європи за даними тривимірного гравітаційного моделювання: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. — Київ, 2006. — 40 с.
- Настенко Н. А., Ермаков Ю. Г., Страшко В. Ф., Бугримов Л. П.* Разломы сводовых поднятий Украинского щита // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1978. — № 10. — С. 879—881.
- Орловецкий Ю. П.* Мантийный диапиризм. — Киев: Наук. думка, 1990. — 170 с.
- Орловецкий Ю. П., Коболев В. П.* Горячие пояса Земли. — Киев: Наук. думка, 2006. — 312 с.
- Орловецкий Ю. П.* Шлях до ревізії фундаментальної геології // Вісн. НАН України. — 1997. — № 1—2. — С. 35—40.
- Тазиев Г.* Запах серы. — Москва: Мысль, 1980. — 222 с.
- Тектоносфера Земли.* — Москва: Наука, 1978. — 531 с.
- Bogdanova S. V., Gafarov R. A., Tchernook S. V.* Tectonic map of the basement of the East-European craton. — 1:10 000 000. — Moscow: Ministers of Geology of the USSR, 1981.
- Bogdanova S. V., Gorbatschev R., Grad M., Janik T., Guterch A., Koslovskaya E., Motuza G., Skridlajte G., Starostenko V. I., Taran L. and EUROBRIDGE and POLONAISE Working groups.* EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. — London: Geol. Society, 2006. — Memoris. 32. — P. 599—625.
- Burke K., Dewey J. F.* Plume-generated triple junction: key indicators in applying plate tectonic to old rocks // *Geology*. — 1973. — **1**. — P. 406—433.
- Orovetsky Yu. P.* Mantle plumes. — New Delhi; Calcutta: Oxford and IBH Publ. CO. PVT, 1999. — 245 p.
- Superplumes: Beyond Plate Tectonics.* — Dordrecht: Springer, 2007. — 569 p.