

# О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ МАСШТАБНЫХ ИМПАКТНЫХ СОБЫТИЙ НА ХОД ТЕКТОНО - МАГМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ РАННЕЙ ЗЕМЛИ

**Глуховский<sup>1</sup> М.З., Кузьмин<sup>2</sup> М.И**

<sup>1</sup>Геологический Институт РАН, Москва, e-mail: marat@ilran.ru

<sup>2</sup>Институт геохимии СО РАН им. А.П.Виноградова, Иркутск, e-mail: mikuzmin@igc.irk.ru

Настоящее сообщение основано на данных по геологическому строению фундамента Сибирской платформы и других древних кратонов. Цель работы — показать большую роль масштабных импактных событий, которые оказали заметное влияние на ход трех основных стадий тектонической эволюции и процессов магматизма ранней Земли: а) на стадии зарождения сиалических ядер – нуклеаров (4.5-4.0 млрд лет); б) на стадии формирования мировой системы «гранит-зеленокаменных поясов» первого (3.3-3.4 млрд лет) и второго (3.0-2.7 млрд лет) поколений и в) на стадии катастрофических процессов палеопротерозойского термотектогенеза (2.5-1.8 млрд лет). Всё это происходило в условиях систематического и колебательного увеличения расстояния от Земли до Луны под действием солнечно-лунных приливных сил и соответствующим изменением положения барицентра этой системы, оказывающим влияние на осевую скорость вращения Земли по закону сохранения орбитального момента количества движения [Авсюк, 1996]. Так, в архейскую эру дистанция между Землей и Луной была значительно меньше – от 4 до 20 радиусов Земли, по сравнению с настоящим временем (60 радиусов). Поэтому скорость осевого вращения Земли была от 4 до 10 часов в сутки. На соответствующей эмпирической кривой [Binder, 1982] выделяются резкие перегибы торможения этого эволюционного процесса. Они совпадают по времени с разными этапами астероидной бомбардировки Земли [Баренбаум, 2002; Глуховский, 2010; Глуховский, Кузьмин, 2012; Катастрофические..., 2005; Тетерев и др., 2004; Glikson, Vickers, 2006; Koeberl, 2006 и др.]. Это фаза ПТБ – последней тяжелой бомбардировки Земли астероидами в палеоархее на стадии зарождения сиалических ядер – нуклеаров [Глуховский, 1990]; импактные события в архее на стадии формирования зеленокаменных поясов первого поколения типа Барбертно и Пилбара [Glikson, Vickers, 2006; Koeberl, 2006] и на стадии палеопротерозойского термотектогенеза [Глуховский, 2009]. Отметим также совпадение высокоэнергетических масштабных импактных событий с периодами активизации суперплюмов в течение архея и палеопротерозоя, которое отчетливо видно при сопоставлении соответствующего графика [Кузьмин и др., 2011] с данными о времени проявления астероидных ударов. Это говорит о причинно-следственной связи между этими явлениями. Поэтому нельзя исключить того, что зарождение и развитие мантийных плюмов на ранних стадиях тектоно-магматической эволюции ранней Земли было спровоцировано высокоэнергетическими ударами крупных астероидов, приведших к импактно-триггерному возбуждению мантии в пределах субэкваториального «горячего пояса» планеты [Глуховский и др., 1994], который формировался под воздействием центробежных сил быстро вращающейся планеты.

Все перечисленные события легли в основу реконструкции ранних этапов развития Земли, когда на ней господствовал ротационно-плюмовый режим. Это понятие включает в себя сумму геологических процессов, которые действовали в условиях тектоники плюмов в переменных геодинамических обстановках сжатия и растяжения, вызванных колебаниями скорости осевого и чрезвычайно быстрого вращения ранней Земли под влиянием приливных сил близко расположенной Луны и астероидной бомбардировки планеты [Глуховский, 2005; 2009; 2010]. Согласно этой концепции, в субэкваториальном «горячем поясе» благодаря ударам крупных астероидов фазы ПТБ [Тетерев и др. 2004], поражающих зону экватора («экваториальный эффект» падения астероидов [Баренбаум, 2002]), происходило импактно-триггерное возбуждение предварительно сильно разогретой мантии. В центрах первых мантийных плюмов и зарождались сиалические ядра (нуклеары) ранней континентальной коры. Затем, в результате активизации мантии под воздействием ударов крупных астероидов второй импактной фазы формировались зеленокаменные пояса первого поколения. В режиме

относительно быстрого осевого вращения планеты и, отчасти, отдельных ударов астероидов, формировалась и мировая система зеленокаменных поясов второго поколения, отличающихся относительно плотным субпараллельным расположением зеленокаменных трогов на всех без исключения кратонах [Конди, 1883]. При таких условиях в субэкваториальной зоне критических широт [Стовас, 1963] было возможным глобальное синхронное растяжение относительно плотных линейных параллельных меридиональных роев разломов коры и сопряженных широтных сдвигов, которые контролировали размещение глубоких рифтогенных структур – трогов (шовных прогибов с базальтами, коматиитами и осадочными породами). Последующие процессы гранитообразования и ремобилизации фундамента, а также интенсивного (в сумме до 65%) и неоднократного (до трех фаз) сжатия шовных прогибов [Конди, 1983] были обусловлены соответствующими фазами растяжения и сжатия в зоне экватора. Эти переменные условия могли быть вызваны как калечательным характером изменения расстояния до Луны и соответствующим изменением скорости осевого вращения Земли, типичным для фанерозоя [Авсюк, 1996], так и спровоцированы высокоэнергетическими ударами астероидов. Такие удары, учитывая глубину их воздействия, приводили к возбуждению мантии и возрождению плюмов. В условиях сжатия и высоких температур в корневых зонах зеленокаменных трогов за счет частичного плавления базитов могли выплавляться известково-щелочные магмы – андезиты (их присутствие часто приводят в качестве обоснования островодужной плито-тектонической природы зеленокаменных структур). Одновременно протекали процессы деформаций и метаморфизма трогового комплекса и ремобилизация тоналитовых («серых») гнейсов архейского фундамента с соответствующим ростом гранитогнейсовых валов. В конце этой стадии (2,7-2,8 млрд лет) в зонах, разделяющих зеленокаменные трогов, формировались высококальциевые метасоматические граниты с геохимическими метками типичными для рифтогенных магматических пород, связанных с плюмами [Глуховский и др. 2012].

В палеопротерозое (2.5-1.8 млрд лет) в результате накопления тепла под эпиархейской Пангеей (суперконтинент Колумбия) в плюм-тектоническом режиме происходили импульсивное растрескивание и трансформация протоконтинентальной коры, процессы внутрикорового и мантийного магматизма, а также высокотемпературного метаморфизма. Этот планетарный процесс термотектогенеза совпал или, скорее всего, был вызван гигантской высокоэнергетической астероидной бомбардировкой Земли. Об этом свидетельствуют многочисленные астроблемы разного размера на всех древних платформах, располагавшихся в зоне экватора. К ним можно отнести и недавно выявленный след Котуйканской астроблемы на севере Сибирской платформы возрастом  $1900 \pm 50$  млн лет [Глуховский, 2010; Глуховский, Кузьмин, 2012], которая соизмерима с астроблемами Вредефорт в Южной Африке (2003 млн лет) и Садбери на юге Канады (1850 млн лет) [Катастрофические..., 2005]. Важнейшей особенностью таких импактных событий мощностью до  $4 \times 10^{22}$  джоулей являются не только размеры кольцевых структур диаметром 200-250 км и протяженность радиальных разломов, но и глубина трещиноватости, проникающая до мантии. С ударами астероидов палеопротерозоя связаны такие импактно-триггерные проявления магматизма, как гранофировые граниты и мафические дайки купола Вредефорт, рудоносный расслоенный норит-габбро-диорит-гранофировый магматический комплекс и офсетные дайки Садбери, а также массивы палеопротерозойских анортозитов Котуйканской структуры. Возможно, отголоском Котуйканского события на севере Сибирского кратона (в современных координатах) является возрождение Алданского плюма и связанных с ним массивов автономных анортозитов и гранитоидов палеопротерозоя [Глуховский, 2009], что гармонирует с выводом [Kumazawa et al., 1994] о радикальном изменении скорости осевого вращения Земли на этапе перехода от архея к протерозою. С этим явлением был связан катастрофический коллапс устойчивого плотностного расслоения земного ядра и возможно его перемещение, что привело к глобальным процессам метаморфизма и мантийного плюмового магматизма, а также к увеличению соотношения  $K_2O/Na_2O$  в изверженных и осадочных породах, резкому увеличению отношения  $^{87}Sr/^{86}Sr$  в

морской воде, к изменению угла наклона земной оси, миграции широт и другим адекватным геодинамическим процессам, которые зависят от ротационного режима планеты.

Необходимо отметить высокую магматическую проницаемость импактно-деформированной литосферы и в последующие тектоно-магматические этапы. Так, например, с радиальной системой разломов Котуйканской структуры связан рой даек долеритов мезопротерозоя Анабарского щита. В ареале ее тектонического влияния развиты тела девонских базальтов и кимберлитов, а также триас-юрских ультраосновных щелочных массивов. Эти мантийные породы внедрялись в импактно-деформированную литосферу во время дрейфа Сибирской платформы над горячими полями и, в частности, во время прохождения Сибирской платформы над Исландским плюмом [Кузьмин и др., 2011]

В заключение еще раз отметим возможную причинно-следственную связь между высокоэнергетическими ударами крупных астероидов, попадающих в пределы субэкваториального «горячего пояса» ранней Земли, и активизацией мантийных плюмов, с которыми были связаны соответствующие стадии ее тектоно-магматической эволюции.

### Литература

- Авсюк Ю.Н. Приливные силы и природные процессы. – М.: Изд. ОИФЗ РАН, 1996. 188 с.
- Баренбаум А.А. Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция. – М.: ГЕОС, 2002. – 394 с.
- Глуховский М.З. Геологическая эволюция фундаментов древних платформ (нуклеарная концепция). – М.: Наука, 1990. – 215 с.
- Глуховский М.З. Ротационный фактор и некоторые проблемы сравнительной планетологии // Геотектоника. 2005. № 6. С. 3-18
- Глуховский М.З. Палеопротерозойский термотектогенез – ротационно-плюмовая модель Алданского щита // Геотектоника. 2009. № 3. С. 51-78.
- Глуховский М.З. Ротационно-плюмовый режим тектонической эволюции ранней Земли // Геофизические исследования. 2010. Т.3. № 11. С. 42-51
- Глуховский М.З., Кузьмин М.И. Котуйканская кольцевая структура: возможное свидетельство масштабного импактного события в палеопротерозое на севере Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2012. (в печати)
- Глуховский М.З., Кузьмин М.И., Баянова Т.Б., Серов П.А. Очково-порфиробластические гранитоиды западной части Алданского щита: геохимия, возраст и механизм образования // Доклады Академии наук. 2012. Т. 443. № 4. С. 473-481.
- Глуховский М.З., Моралёв В.М., Кузьмин М.И. Горячий пояс ранней Земли и его эволюция // Геотектоника. 1994. № 5. С. 3-18.
- Катастрофические воздействия космических тел /ред. В.В. Адушкин и И.В. Немчинов/. Институт динамики геосфер РАН. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2005. – 310 с.
- Конди К. Архейские эленокаменные пояса. – М.: Мир. 1983. – 390 с.
- Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В., Кравчинский В.А. Фанерозойский внутриплитный магматизм северной Азии: абсолютные палеографические реконструкции Африканской низкоскоростной мантийной провинции // Геотектоника. 2011. № 6. С. 3-23.
- Стовас М.В. Некоторые вопросы тектоногенеза // Проблемы планетарной геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 225-285.
- Тетерев А.Л. Немчинов И.В., Рудак Л.В. Удары крупных планетезималей по ранней Земле // Астрономический вестник. 2004. Т. 38. № 1. С. 43-52.
- Binder A.B. The moon: its figure orbital evolution // Geophys. Res. Lett. 1982. V. 9. № 1. P. 33-36.
- Glikson A., Vickers J. The 3.26–3.24 Ga Barberton asteroid impact cluster: Tests of tectonic and magmatic consequences, Pilbara Craton, Western Australia // Earth and Planet. Sci. Lett. 2006. V.241 P. 11-20.
- Koeberl C. Impact Processes on Early Earth // Elements. 2006. V. 2. № 4. P. 211-216.
- Kumazawa M., Yoshida S., Ito T., Yoshioka H. Archean-Proterozoic boundary interpreted as a catastrophic collapse of the stable density stratification in the core // Jour. Geol. Soc. Japan. 1994. V. 100. № 1. P. 50-59.