

УДК 551.248.2+550.348.098.64

## НОВЕЙШИЕ ПОДНЯТИЯ НА ДРЕВНИХ КРАТОНАХ: ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И СВЯЗЬ С СЕЙСМИЧНОСТЬЮ

© 2017 г. Е.В. Артюшков<sup>1</sup>, П.А. Чехович<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Музей земледования, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Большинство современных горных сооружений и высоких плато образовалось за последние несколько миллионов лет в результате резкого ускорения восходящих движений земной коры. По объему сформированного рельефа новейшие поднятия земной коры представляют собой самое мощное явление в континентальной литосфере, для объяснения которого предложен ряд механизмов, среди которых наиболее популярным является увеличение мощности коры за счет латерального сжатия. Однако этот механизм неприменим для покрывающих 70 % площади континентов древних (докембрийских) кратонов, на которых сильное сжатие коры завершилось полмиллиарда лет назад или раньше. Другие возможные объяснения, такие как динамическая топография в мантии, деламинация мантийной литосферы и магматический андерплейтинг, также не согласуются с имеющимися геолого-геофизическими данными по докембрийским кратонам.

В качестве причины быстрых новейших поднятий в таких областях может рассматриваться разуплотнение пород в земной коре вследствие ретроградного метаморфизма при поступлении в неё мантийных флюидов. Проникновение флюидов в крупные разломные зоны коры снижает ее прочность, на что указывает неоднородность распределения поднятий по площади. Это способствует возникновению сильных землетрясений. Примерами могут служить произошедшие в центральной части Северо-Американской платформы Нью-Мадридские землетрясения 1811–1812 гг. ( $M \approx 8$ ), а также землетрясения в Вятском авлакогене на Восточно-Европейской платформе ( $M = 4.2$  и  $4.7$ ). Поэтому докембрийские кратоны являются отнюдь не такими “спокойными” в сейсмическом отношении, как это часто предполагается.

**Ключевые слова:** неотектоника, ретроградный метаморфизм, мантийные флюиды, разуплотнение континентальной коры, сейсмичность.

### Литература

- Артюшков Е.В. Геодинамика. М.: Наука, 1979. 326 с.
- Артюшков Е.В. Новейшие поднятия земной коры как следствие инфильтрации в литосферу мантийных флюидов // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 6. С.738–760.
- Артюшков Е.В., Чехович П.А. Мощность литосферы под докембрийскими кратонами и механизмы их новейших поднятий // Докл. РАН. 2016. Т. 466, № 2. С.188–192.
- Валеев Р.Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1978. 152 с.
- Грановский А.Г. Магматические комплексы Донецкого складчатого сооружения (Восточный Донбасс) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Пермь: Изд-во Пермского государственного национального исследовательского университета, 2016. С.148–156.
- Грачев А.Ф., Николаев В.Г., Сеславинский К.Б. Эволюция структуры, осадконакопления и магматизма Восточно-Европейской платформы в позднем докембрии и палеозое // Тектоника и магматизм Восточно-Европейской платформы. М.: КМК, 1994. С.5–36.
- Каракин А.В., Курьянов Ю.А., Павленкова Н.И. Разломы, трещиноватые зоны и волноводы в верхних слоях земной оболочки. М.: ВНИИГеосистем, 2003. 222 с.

- Карта новейшей тектоники Северной Евразии. 1:5000000 / Гл. ред. А.Ф. Грачев. М.: Мин-во природ. ресурсов России, РАН, 1997.
- Кинг Л. Морфология Земли. Изучение и синтез сведений о рельефе Земли. М.: Прогресс, 1967. 560 с.
- Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В., Кравчинский В.А. Фанерозойский внутриплитный магматизм Северной Азии: абсолютные палеогеографические реконструкции Африканской низкоскоростной мантийной провинции // Геотектоника. 2011. № 6. С.3–23.
- Лаверов Н.П., Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Богатилов О.А., Акинин В.В., Гурбанов А.Г., Евдокимов А.Н., Кудряшова Е.А., Певзнер М.М., Пономарева В.В., Сахно В.Г. Новейший вулканизм Северной Евразии: районирование и обстановки формирования // Докл. РАН. 2006. Т. 410, № 4. С.498–502.
- Неотектоническая карта мира. М-б 1:15 000 000 / Под ред. Н.И. Николаева, Ю.Я. Кузнецова, А.А. Неймарка. М.: Мингео СССР, 1981.
- Николаев Н.И. Неотектоника и её выражение в структуре и рельефе территории СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 238 с.
- Никонов А.А., Мокрушина Н.Г., Лубягина Л.И. Исторические землетрясения Вятского края // Вестник Вятского государственного педагогического университета. Киров, 2000. № 2/99. С.76–80.
- Никонов А.А., Чепкунас Л.С. Сысольское землетрясение 13 января 1939 г. на Русской плите – уточнение параметров // Вопросы инженерной сейсмологии. 2009. Т. 36, № 4. С. 25–41.
- Ранний докембрий Балтийского щита / Отв. ред. В.А. Глебовицкий. СПб.: Наука, 2005. 711 с.
- Рейбиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 382 с.
- Суворов В.Д., Мельник Е.А., Мишенькина З.Р., Павлов Е.В., Кочнев В.А. Сейсмические неоднородности верхней мантии под Сибирским кратоном (профиль Метеорит) // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 9. С.1411–1426.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Иванов В.Г. Внутриплитная позднемезозойская – кайнозойская вулканическая провинция Центрально-Восточной Азии – проекция горячего поля мантии // Геотектоника. 1995. Т. 29, № 5. С.395–421.
- Artemieva I.M. The Lithosphere. An Interdisciplinary Approach. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2011. 773 p.
- Artyushkov E.V. Can the Earth's crust be in a state of isostasy? // J. Geophys. Res. 1974. V. 79. P.741–752.
- Artyushkov E.V., Hofmann A.W. Neotetonic crustal uplift on the continents and its possible mechanisms. The case of Southern Africa // Surveys in Geophysics. 1998. V. 19. P.369–415.
- Artyushkov E.V., Möner N.-A., Tarling D.L. The cause of loss of lithospheric rigidity in areas far from plate tectonic activity // Geophys. J. Inter. 2000. V. 143. P.752–776.
- Austrheim H. Eclogitization of lower crustal granulites by fluid migration through shear zones // Earth Planet. Sci. Lett. 1987. V. 81. P.221–232.
- Bogdanova S.V., Pashkevich I.K., Gorbatshev R., Orlyuk M.I. Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics // Tectonophysics. 1996. V. 268. P.1–21.
- Burov E.B., Diament M. The effective elastic thickness ( $T_e$ ) of the continental lithosphere: What does it really mean? // J. Geophys. Res. 1995. V. 100. P.3095–3927.
- Cloetingh S., Willett S.D. TOPO-EUROPE: Understanding of the coupling between the deep Earth and continental topography // Tectonophysics. 2013. V. 602. P.1–14.
- Flament N., Gurnis M., Müller R.D. A review of observations and models of dynamic topography // Lithosphere. 2013. V. 5, N 2. P.189–210. doi: 10.1130/L245.
- Johnston A.C., Schweig E.S. The Enigma of the New Madrid Earthquakes of 1811–1812 // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1996. V. 24. P.339–384.
- Kostyuchenko S.L., Egorkin A.V., Solodilov L.N. Structure and genetic mechanisms of the Precambrian rifts of the East-European Platform in Russia by integrated study of seismic, gravity, and magnetic data // Tectonophysics. 1999. V. 313. P.9–28.

- Lekić V., Romanowitz B.* Inferring upper-mantle structure by full waveform tomography with the spectral element method // *Geophys. J. Int.* 2011. V. 185. P.799–831. doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.04969.x.
- Massonne H.-J., Willner A.P., Gerya T.* Densities of metapelitic rocks at high to ultrahigh pressure conditions: what are the geodynamic consequences? // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2007. V. 256. P.12–27.
- Nyabeze P., Saeze H., Yibas B., Tekere M., Tshibalo A.E., Venter J.S., Olivier J., Jonker C.Z., Sekiba M., Motlakeng T.* The Geological and Biological Hot Spring Scene in South Africa // *Optimal Utilization of Thermal Springs in South Africa*. Water Research Commission / Eds. Jana Olivier, Nelia Jonker. 2013. P.15–35.
- O'Reilly S.Y., Griffin W.L.* Imaging global chemical and thermal heterogeneity in the subcontinental lithospheric mantle with garnets and xenoliths: Geophysical implications // *Tectonophysics*. 2006. V. 416. P.289–309.
- Partridge T.C., Maud R.P.* Geomorphic evolution of southern Africa since the Mesozoic // *S. Afr. J. Geol.* 1987. V. 90. P.179–208.
- Schaeffer A.J., Lebedev S.* Global shear speed structure of the upper mantle and transition zone // *Geophys. J. Int.* 2013. V. 194. P.417–449.
- Semprich J., Simon N.S.C., Podladchikov Yu.Yu.* Density variations in the thickened crust as a function of pressure, temperature, and composition // *Int. J. Earth Sci.* 2019. V. 99. P.1487–1510. DOI: 10.1007/s00531-010-0557-7.
- Spear F.S.* Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths. *Miner. Soc. Amer. Monograph*. Washington DC, 1993. 799 p.
- Summerfield M.A.* *Geomorphology and Global Tectonics*. N.Y.: Wiley, 2000. 386 p.
- Vinnik L., Oreshin S., Makeyeva L., DüNDAR S.* Fluid-filled porosity of magmatic underplates from joint inversion of P and S receiver functions // *Geophys. Res. Abstr.* 2017. V. 19. EGU2017-4039.
- Vinnik L.P., Reigber C., Aleshin I.M., Kosarev G.L., Kaban M.K., Oreshin S.I., Roecker S.W.* Receiver function tomography of the central Tien Shan // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2004. V. 225. P.131–146.