

УДК 551.248.1

ОБ ИЗМЕНЕНИИ РАЗМЕРОВ И ЧИСЛА КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ БЛОКОВ В ЭВОЛЮЦИИ СУПЕРКОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ

Н. А. Божко

Геологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова (Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119234)

На основании анализа опубликованных данных рассматривается изменение размеров континентальных блоков и их числа в процессе глобальной суперконтинентальной цикличности. Выявлена направленность этих изменений, состоящая в увеличении начиная с раннего архея площадей континентальных блоков, принимающих участие в сборке суперконтинентов до размеров мегаконтинентов при уменьшении их общего количества. Отмечается связь этого процесса с тепловым состоянием мантии и фазами суперконтинентального цикла. Указанные изменения происходят на фоне чередования относительно горячего и холодного состояний мантии на фоне ее общего охлаждения. Рассматривается предлагаемое некоторыми исследователями объяснение постепенного увеличения размера плит за счет изменения тесселяции (разбиения сферы определенным количеством правильных многоугольников) в стадию разобщенных континентов при относительно горячей мантии и быстром и значительном корообразовании, направленном на сборку суперконтинента. В стадию собранного суперконтинента такое увеличение замедляется ввиду низких темпов образования континентальной коры при относительно холодном состоянии мантии. Процесс изменения размера и числа плит в ходе суперконтинентальной цикличности не являлся монотонным, но имел эпизодический характер, приобретая новые особенности в своем развитии. Некоторые рубежи таких обновлений намечаются в архее с появлением двух типов суперконтинентальных циклов, раннем-среднем протерозое с появлением мегаконтинентов ограниченного числа и неопротерозое-фанерозое при доминировании мегаконтинентов, достигающих размера шириной в десяток тысяч километров.

Ключевые слова: суперконтинент; суперконтинентальная цикличность; мантия Земли; континентальный блок; мегаконтинент; увеличение размера; уменьшение количества; эпизодичный характер; архей; протерозой; фанерозой

Для цитирования: Божко Н. А. Об изменении размеров и числа континентальных блоков в эволюции суперконтинентальной цикличности // Труды Карельского научного центра РАН. 2025. № 5. С. 54–57. doi: 10.17076/geo2165

N. A. Bozhko. ON THE CHANGE IN THE SIZE AND NUMBER OF CONTINENTAL BLOCKS IN THE EVOLUTION OF THE SUPERCONTINENTAL CYCLE

Lomonosov Moscow State University, Department of Geology (1 Leninskie Gory, 119991 Moscow, Russia)

The change in the size of continental blocks and their number in the process of global supercontinental cycling is considered based on the analysis of published data. These changes were found to be towards an increase in the size of continental blocks involved in the assembly of supercontinents into megacontinents starting from the Early Archean, while their total number decreased. This process is associated with the thermal state of the mantle and the phases of the supercontinental cycle. The background for these changes was alternation of relatively hot and cold states of the mantle in the process of its general cooling. The explanation proposed by some researchers that the plate size increased gradually due to a change in tessellation (splitting of the sphere with a certain number of regular polygons) during the stage of disconnected continents in the settings of a relatively hot mantle and rapid and significant crust formation leading to supercontinent assembly is examined. During the assembled supercontinent stage, this increase slowed down due to the low rate of continental crust formation as the mantle was in a relatively cold state. The change in the size and number of plates during the supercontinental cycle was not a monotonous process, but had an episodic pattern, acquiring new features over time. Some frontiers of such updates appeared in the Archean with the rise of two types of supercontinental cycles, in the Early-Middle Proterozoic with the formation of a limited number of megacontinents, and in the Neoproterozoic-Phanerozoic with the dominance of megacontinents up to tens of thousands of kilometers wide.

Keywords: Supercontinent; supercontinental cyclicity; Earth mantle; continental block; megacontinent; increase in size; decrease in quantity; episodic character; Archean; Proterozoic; Phanerozoic

For citation: Bozhko N. A. On the change in the size and number of continental blocks in the evolution of the supercontinental cycle. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2025. No. 5. P. 54–57. doi: 10.17076/geo2165

Изменение размеров континентальных блоков, принимающих участие в сборке суперконтинентов, является важным для понимания роста континентальной коры в тектонической эволюции Земли. Из простого обзора имеющихся данных можно сделать, и делается некоторыми исследователями, заключение об увеличении во времени площадей таких блоков. Вместе с тем в связи с этим встает ряд вопросов: происходило ли это увеличение, если оно имело место, непрерывно и однообразно, что являлось его первопричиной, происходило ли при этом изменение количества континентов и другие. В последние годы данная проблема прямо или косвенно затрагивалась в работах, посвященных росту континентальной коры [Rogers, Santosh, 2003; Komiya, 2011; Evans, 2013; Dhuime et al., 2018; Korenaga, 2018 и др.].

Автором [Божко, 2011] было отмечено проявление с позднего архея двух типов суперконтинентальных циклов (СЦ). СЦ первого типа характеризуются рассредоточенным и относительно равномерным по площади глобальным

распадом существующего суперконтинента с образованием относительно многочисленных континентов и океанов. СЦ второго типа характеризуются неравномерным распадом суперконтинента, локализующимся попеременно в каком-то сегменте Южного или Северного полушария, тогда как значительная его площадь остается вне распада. При этом было отмечено, что начиная с суперконтинента Колумбии процесс образования суперконтинентов происходил в два этапа с поочередного создания крупных континентов (мегаконтинентов), приближающихся по размеру к полусферам типа Атлантида, Нена, Гондваны, Лавразии и последующего их слияния в суперконтинент. Отмечалось также, что с рубежа около 700 млн лет в этом процессе происходило только участие крупных мегаконтинентов типа Гондваны, и это хорошо видно на примере формирования Пангеи.

На основании изучения обломочных осадочных пород, в особенности кварцевых песчаников, Х. Савада [Sawada, 2020] оценивает ширину и длину континентальных блоков хедия – раннего архея до 3,5 млрд лет в 200–500 км.

К 3,5 млрд лет появились континентальные блоки шире 500 км, а в период 3,3–2,5 млрд лет – более 1000 км. С рубежа 2,4 млрд лет появляются континенты с шириной и длиной около 10 000 км, подобные современной Северной Америке.

В работе [Van Kranendonk, Kirkland, 2016] суперконтинентальный цикл Земли в геологической летописи изучен на основании анализа изотопов гафния и кислорода в датированных кристаллах циркона, а также несовместимых элементов (Zr, Th) в магматических породах. Состояние разделенных континентов характеризуется высоким содержанием в мантии летучих веществ, повышенной рециркуляцией земной коры во время глобальной субдукции и быстрым ростом континентальной коры, что приводит к ступенчатому увеличению размеров плит за счет изменения геометрии тесселяции – разбиения сферы определенным количеством правильных многоугольников во время распада суперконтинентов.

Ч. Ванг и соавторы [Wang et al., 2021] подчеркивают роль мегаконтинентов как необходимых предшественников сборки суперконтинентов, подобно тому, как суперконтиненту Пангея предшествовало образование Гондваны, мегаконтинента размером примерно в половину Пангеи. Каждому из последних трех циклов формирования суперконтинентов (Колумбии, Родинии и Пангеи) за 200 миллионов лет предшествовало образование мегаконтинента. При этом Евразия рассматривается как предшественник будущей Амазии.

Результаты только приведенных работ позволяют заключить, что в течение глобальной суперконтинентальной цикличности размер континентальных плит увеличивался, а количество их уменьшалось. Размер архейской Валбары, даже допуская существование кроме нее других аналогичных одновозрастных континентальных фрагментов, несоизмерим с более значительной площадью неопротерозойского мегаконтинента Гондваны.

Природа этой направленности тесно связана с изменениями теплового состояния мантии и происходит на фоне ее общего охлаждения при чередовании периодов относительно холодной мантии собранного суперконтинента и горячей мантии его сборки.

Можно также сделать вывод, что процесс изменения размера и числа плит в ходе суперконтинентальной цикличности не являлся монотонным, но имел эпизодический характер. Некоторые рубежи таких изменений приблизительно намечаются в архее с появлением СЦ двух типов с многочисленными

континентальными блоками, раннем-среднем протерозое с появлением мегаконтинентов ограниченного числа и неопротерозое-фанерозое при доминировании мегаконтинентов, достигающих размера шириной в десяток тысяч километров.

Для получения более полной картины по означенной теме необходимы дальнейшие исследования.

Литература

Божко Н. А. О двух типах суперконтинентальных циклов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2011. № 5. С. 15–23.

Dhuime B., Hawkesworth C. J., Delavault H., Ca-wood P. A. Rates of generation and destruction of the continental crust: implications for continental growth // Philos. Trans. R. Soc. A. 2018. Vol. 376. Art. 20170403. doi: 10.1098/rsta.2017.0403

Evans D. A. D. Reconstructing pre-Pangean supercontinents // Geol. Soc. Am. Bull. 2013. Vol. 125. P. 1735–1751. doi: 10.1130/B30950.1

Komiya T. Continental recycling and true continental growth // Russ. Geol. Geophys. 2011. Vol. 52(12). P. 1516–1529. doi: 10.1016/j.rgg.2011.11.001

Korenaga J. Estimating the formation age distribution of continental crust by unmixing zircon ages // Earth Planet Sci. Lett. 2018. Vol. 482. P. 388–395. doi: 10.1016/j.epsl.2017.11.039

Rogers J. J., Santosh M. Supercontinents in Earth history // Gondwana Res. 2003. Vol. 63. P. 357–368. doi: 10.1016/S1342-937X(05)70993-X

Sawada H. Estimation of secular change in the size of continents for understanding early crustal development // Front. Earth Sci. 2020. Vol. 8. P. 1–16. doi: 10.3389/feart.2020.541094

Van Kranendonk M. J., Kirkland C. L. Conditioned duality of the Earth system: geochemical tracing of the supercontinent cycle through Earth history // Earth-Science Rev. 2016. Vol. 160. P. 171–187. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.05.009

Wang C., Mitchell R. N., Murphy J. B., Peng P., Spencer C. J. The role of megacontinents in the supercontinent cycle // Geology. 2021. Vol. 49(4). P. 402–406. doi: 10.1130/G47988.1

References

Bozhko N. A. On two types of supercontinental cycles. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 4. Geologiya = Moscow University Bulletin. Series 4: Geology*. 2011;5:15–23. (In Russ.)

Dhuime B., Hawkesworth C. J., Delavault H., Ca-wood P. A. Rates of generation and destruction of the continental crust: implications for continental growth. *Philos. Trans. R. Soc. A*. 2018;376:20170403. doi: 10.1098/rsta.2017.0403

Evans D. A. D. Reconstructing pre-Pangean supercontinents. *Geol. Soc. Am. Bull.* 2013;125:1735–1751. doi: 10.1130/B30950.1

Komiya T. Continental recycling and true continental growth. *Russ. Geol. Geophys.* 2011;52(12):1516–1529. doi: 10.1016/j.rgg.2011.11.001

Korenaga J. Estimating the formation age distribution of continental crust by unmixing zircon ages. *Earth Planet Sci. Lett.* 2018;482:388–395. doi: 10.1016/j.epsl.2017.11.039

Rogers J. J., Santosh M. Supercontinents in Earth history. *Gondwana Res.* 2003;63:357–368. doi: 10.1016/S1342-937X(05)70993-X

Sawada H. Estimation of secular change in the size of continents for understanding early crustal develop-

ment. *Front. Earth Sci.* 2020;8:1–16. doi: 10.3389/feart.2020.541094

Van Kranendonk M. J., Kirkland C. L. Conditioned duality of the Earth system: geochemical tracing of the supercontinent cycle through Earth history. *Earth-Science Rev.* 2016;160:171–187. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.05.009

Wang C., Mitchell R. N., Murphy J. B., Peng P., Spencer C. J. The role of megacontinents in the supercontinent cycle. *Geology.* 2021;49(4):402–406. doi: 10.1130/G47988.1

Поступила в редакцию / received: 29.07.2025; принята к публикации / accepted: 02.09.2025.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Божко Николай Андреевич

д-р геол.-мин. наук, профессор кафедры динамической геологии

e-mail: bozhko@yandex.ru

CONTRIBUTOR:

Bozhko, Nikolai

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor