

4

Сингулярность планетарной эволюции: дальнейшее уточнение модели

А. И. Константинов

Рассмотрен закон гиперболического роста населения Земли, тесно связанный с представлением о сингулярности эволюционного процесса. Производится уточнение датировок фазовых переходов, не приведшее к изменению рассчитанных значений сингулярности и коэффициента ускорения эволюции. Поскольку точка сингулярности является математической абстракцией, означающей неизбежное изменение параметров планетарной эволюции, автор приходит к выводу, что оправданно говорить о периоде сингулярности, по смыслу аналогичном демографическому переходу.

Ключевые слова: гиперболический закон, демографический рост, сингулярность, фазовый переход, точка сингулярности.

Представление о сингулярности эволюционного процесса непосредственно связано с идеей гиперболического роста, характеризующегося стремлением к бесконечности в течение конечного интервала времени. При этом сингулярностью, или точкой сингулярности называется точка на оси времени, в которой значение растущей величины обращается в бесконечность (см. Рис. 2).

Открывателем закона гиперболического роста населения Земли считается австро-американский математик и кибернетик Хайнц фон Фёрстер. В 1960 г. он вместе с Патрисией Мора и Лоуренсом Амиотом опубликовал результаты исследования, согласно которым сингулярность приходится на 2027 г. (более точно – $2026,87 \pm 5,50$) (Foerster *et al.* 1960: 1293). Немного позже аналогичный результат получил И. С. Шкловский, показавший, что рост численности населения Земли за последнее тысячелетие подчиняется гиперболическому закону (а не экспоненциальному, как полагал, например, Т. Мальтус) и обращается в бесконечность около 2030 г. Последнее практически означало неизбежное изменение самого закона роста народонаселения в недалеком будущем (Шкловский 1965: 249–251). Замедление реальных темпов демографического роста по мере приближения к сингулярности математически обосновал С. П. Капица, введя в мо-

дель дополнительный фактор и распространив ее на всю историю антропогенеза (Капица 1996).

Также в середине 90-х гг. прошлого века идея о существовании сингулярности была впервые сформулирована на данных, не относящихся непосредственно к демографии. Так, И. М. Дьяконов, фактически развивая формационный подход, выделил в истории человечества сменяющие друг друга фазы и показал последовательное сокращение их длительности с итоговой сингулярностью (Дьяконов 1994: 352–353). Аналогичный закон сокращения «волн жизни» для истории всей биосферы обнаружил Г. Д. Снукс (Snooks 1996).

Уже в начале нынешнего столетия А. Д. Панов показал математически, что скорость смены фаз Дьяконова хорошо описывается гиперболической зависимостью, а сама последовательность фаз естественным образом продолжается в прошлое, распространяясь на всю историю биосферы, и в настоящее время завершается сингулярностью – исторически коротким (порядка пятидесяти лет) периодом смены характера всей предыдущей эволюции (Панов 2008: 19–42). Для построения шкалы скорости эволюции А. Д. Пановым была выбрана последовательность из двадцати планетарных фазовых переходов, означающих наиболее глубокие качественные перестройки в биосфере и – с развитием антропогенеза – в антропосфере (Там же: 31–36). По результатам математического анализа последовательность фазовых переходов оказалась масштабно-инвариантной с коэффициентом ускорения (сокращения длительности каждой последующей фазы по сравнению с предыдущей) $\alpha = 2,67 \pm 0,15$; точка сингулярности приходится на 2004 г. ± 15 лет – иными словами, период, проживаемый человечеством в настоящее время, уже является периодом сингулярности (Там же: 37).

За время, прошедшее после опубликования этих результатов, появилась возможность уточнить датировку многих фазовых переходов по новейшим данным геохронологии (GSA... 2012), палеоантропологии и сравнительной генетики (Марков 2011) и построить уточненную модель, что и стало целью данной работы. Кроме того, включение в число фазовых переходов начала позднеашельской археологической культуры выглядело крайне дискуссионным, что оговаривал и сам Панов (2008: 34). Поскольку данный переход (в отличие от остальных) не сопровождался кардинальными качественными изменениями в биосфере или антропосфере, представлялось оправданным исключить его из модели.

Уточненная последовательность фазовых переходов планетарной эволюции и расчет сингулярности

При составлении уточненной последовательности фазовых переходов мы в целом ориентировались на книгу А. Д. Панова (2008). Обозначение каждого фазового перехода включает номер (начиная с нуля), краткое описа-

ние и датировку. Приведены только привлеченные нами ссылки на литературу, уточняющие датировку фазовых переходов, за остальными источниками адресуем читателя к исходной работе (Панов 2008: 31–36).

0. Возникновение жизни на Земле: около 4 млрд лет назад. Раннюю биосферу Земли составили анаэробные одноклеточные безъядерные организмы – прокариоты. Вероятно, уже около 3,5 млрд лет назад появились фотосинтезирующие цианобактерии¹.

1. Кислородный кризис: 1,5 млрд лет назад. Обогащение атмосферы Земли кислородом в результате жизнедеятельности цианобактерий привело к повсеместному вытеснению анаэробных прокариот эвкариотами и первыми многоклеточными. Этот процесс длился около миллиарда лет, за точку фазового перехода выбрана его середина, когда содержание кислорода в атмосфере достигло современного уровня (Nelson 1996).

2. Кембрийский взрыв, начало палеозойской эры: 541 млн лет назад (GSA... 2012). «Скелетная революция», увеличение биоразнообразия, появление современных филогенетических стволов многоклеточных организмов, включая позвоночных.

3. Начало мезозойской эры: 252 млн лет назад (Там же). В результате вымирания палеозойских земноводных лидерами эволюции на суше становятся пресмыкающиеся².

4. Начало кайнозойской эры: 66 млн лет назад (Там же). В результате вымирания динозавров лидерами эволюции на суше становятся млекопитающие и птицы.

5. Начало неогена: 23 млн лет назад (Там же). В миоцене происходит эволюционный взрыв гоминоидов, среди которых были предки человека и современных человекообразных обезьян (Биган 2003: 71–72).

6. Появление первых гоминид: 7–4,4 млн лет назад (Gibbons 2007: 1559; Марков 2011).

¹ Любопытно, что примерно до этого момента своей истории Земля подвергалась интенсивной бомбардировке космическими телами, содержащими значительные количества органических соединений (Chyba, Sagan 1992; Nelson 1996). Представляется вполне возможным, что с прекращением интенсивных метеоритных бомбардировок поверхности планеты цианобактерии смогли занять возникшую в результате изменения внешних условий экологическую нишу. Что касается молекулярной сложности органического вещества метеоритного происхождения, то ее стало возможным оценить сравнительно недавно, с развитием аналитических техник сверхвысокого разрешения, и она оказалась сопоставимой со сложностью биологических молекул (Schmitt-Kopplin *et al.* 2010). Это свидетельствует в пользу высказанной А. Д. Пановым гипотезы о предбиологической панспермии и предбиологической фазе эволюции за пределами Земли (Панов 2008: 46–54).

² Это неверно. Пресмыкающиеся были «лидерами» уже в пермском периоде. На рубеже палеозоя и мезозоя произошла глобальная смена морских и континентальных сообществ. Вымерли многие господствовавшие в перми группы синапсидных рептилий и доминирующее положение стали занимать диапсидные рептилии, в первую очередь архозавры. Одна из групп архозавров – динозавры – появились в конце триаса и стали господствующей группой в юре (Прим. ред.).

7. Появление первых людей – *Homo habilis* и первых обработанных орудий, начало олдувайской галечной культуры: 2,6–2,4 млн лет назад (Gibbons 2007: 1559; Марков 2009; deMenocal 2011: 540).

8. Появление *Homo ergaster* и *Homo erectus*, первая экспансия человека за пределы Африканского континента, окончание олдувайской культуры и начало ашельской культуры: 1,9–1,6 млн лет назад (Gibbons 2007: 1559; Марков 2011; deMenocal 2011: 540–541).

9. Начало использования огня (не позднее 790 тысяч лет назад), вторая экспансия человека за пределы Африканского континента: 800–600 тыс. лет назад (Gibbons 2007; Марков 2011).

10. Революция среднего палеолита, культура мустье и ее аналоги – около 200 тыс. лет назад (Дробышевский 2010). В Европе носителем культуры становится *Homo neanderthalensis*, в Африке появляется *Homo sapiens* (Марков 2011).

11. Революция верхнего палеолита, становление собственно человеческой культуры, свидетельствующей о развитии символического мышления³, возникновение ориньякской археологической культуры: не позже 41 000 лет назад (Там же). Лидером эволюции повсеместно становится *Homo sapiens*.

12. Неолитическая революция: 12 000–9000 лет назад. Переход от присваивающего хозяйства к производящему.

13. Городская революция: на рубеже IV и III тысячелетий до н. э. Развитие классового общества.

14. Начало железного века, имперская древность, революция Осевого времени: VIII–VI вв. до н. э.

15. Великое переселение народов, начало Средних веков: V в. н. э.

16. Великие географические открытия – «первая глобализация», конец Средневековья: около 1500 г. н. э.

17. Промышленная революция, век пара, начало собственно промышленного капитализма: около 1835 г.⁴

18. Преодоление кризиса капитализма, выразившегося в Первой мировой войне, революционных событиях в Российской империи и Европе, Великой депрессии и Второй мировой войне, и создание «государства благосостояния». Становление двуполярного мира, информационная революция, использование ядерной энергии, начало космической эры: около 1950 г.

³ Следует отметить, что первые очаги собственно человеческой культуры (о них свидетельствуют находки большого количества украшений и геометрических узоров) возникали в Африке 72 и 65 тыс. лет назад, но просуществовали недолго (Jacobs *et al.* 2008).

⁴ Дата взята из книги А. Д. Панова (2008) и может быть интерпретирована как середина интервала от постройки первого паровоза Locomotion No 1 и первой железной дороги в 1825 г. до начала в 1844 г. второй кондратьевской волны (Кондратьев 2002: 368), связанной с началом промышленного использования парового двигателя.

19. Крах дуполярного мира, начало эпохи информационной глобализации: 1991 г.

Таким образом, по сравнению со списком фазовых переходов согласно А. Д. Панову (2008: 31–36) были уточнены даты фазовых переходов 2, 3 и 5–10. При этом было изменено содержание фазовых переходов 8–9: появление *Homo erectus* отделено от хронологически более позднего овладения огнем; возникновение позднеашельской (у Панова – ашельской) культуры исключено из последовательности планетарных фазовых переходов.

Уточненная последовательность фазовых переходов достаточно хорошо аппроксимируется линейной зависимостью в координатах «промежуток времени между фазовым переходом и сингулярностью (в логарифмическом масштабе) – номер фазового перехода», что свидетельствует о выполнении свойства масштабной инвариантности с относительно небольшими отклонениями (Рис. 1).

Для расчета точки сингулярности мы использовали программу Crisis Linear, специально для этого написанную А. Д. Пановым. Рассчитанная точка сингулярности пришлась на $t^* = 2011 (\pm 4)$ год, при этом коэффициент ускорения эволюции (α) составил $2,82 \pm 0,05$. С учетом статистической ошибки, результаты не отличаются от полученных ранее А. Д. Пановым: $t^* = 2004 (\pm 15)$ год, $\alpha = 2,67 \pm 0,15$ (2008: 37). На Рис. 2, построенном для фазовых переходов 9–18, наглядно продемонстрировано, как по мере приближения к сингулярности возрастает скорость смены фаз, в пределе стремясь к бесконечности.

Таким образом, с учетом статистической ошибки, уточнение датировок фазовых переходов не привело к изменению рассчитанных значений сингулярности и коэффициента ускорения эволюции. Поскольку точка сингулярности является математической абстракцией, означающей неизбежное изменение параметров планетарной эволюции, оправданно говорить о периоде сингулярности, по смыслу аналогичном демографическому переходу.

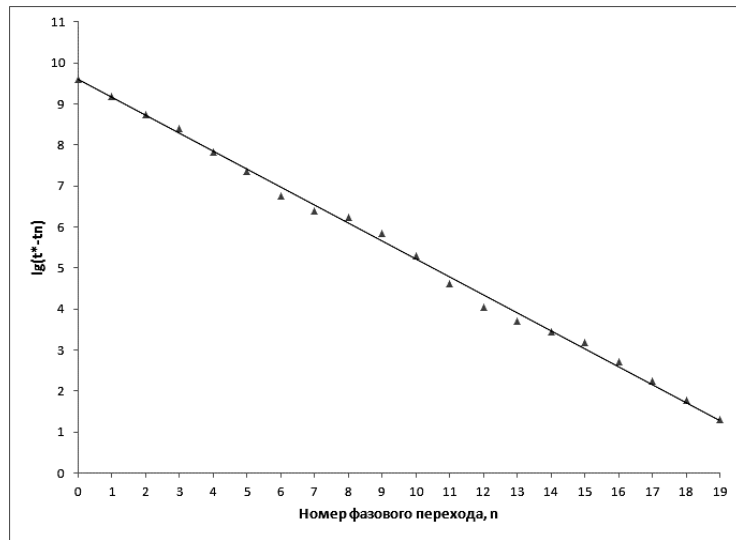


Рис. 1. Масштабная инвариантность фазовых переходов планетарной эволюции: «экспериментальные» точки и линейная аппроксимация

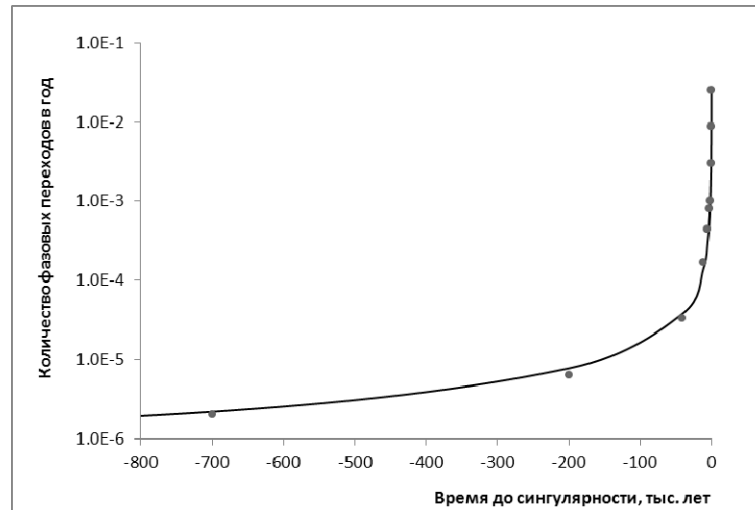


Рис. 2. Кривая Снукса – Панова – наглядная иллюстрация сингулярности. По оси ординат отложена величина, обратная длительности фаз, характеризующая скорость эволюции; по оси абсцисс – время, остающееся до сингулярности. Показаны точки фазовых переходов 9–18

Библиография

- Биган Д. 2003.** Планета человекообразных. *В мире науки* 11: 70–77.
- Дьяконов И. М. 1994.** *Пути истории. От древнейшего человека до наших дней.* М.: Вост. лит-ра.
- Дробышевский С. В. 2010.** *Средний палеолит. Мустьерская культура и ее аналоги.* URL: <http://antropogenez.ru/zveno-single/132>.
- Капица С. П. 1996.** Феноменологическая теория роста населения Земли. *Успехи физических наук* 166(1): 63–79.
- Кондратьев Н. Д. 2002.** *Большие циклы экономической конъюнктуры.* В: Кондратьев Н. Д., Яковец Ю. В., Абалкин Л. И., *Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды*, с. 341–401. М.: Экономика.
- Марков А. В. 2011.** *Эволюция человека. Т. 1. Обезьяны, кости и гены.* М.: CORPUS.
- Панов А. Д. 2008.** *Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI).* М.: URSS.
- Шкловский И. С. 1965.** *Вселенная. Жизнь. Разум.* 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука.
- Chyba C., Sagan C. 1992.** Endogenous Production, Exogenous Delivery and Impact-shock Synthesis of Organic Molecules: an Inventory for the Origins of Life. *Nature* 355: 125–132.
- deMenocal P. B. 2011.** Climate and Human Evolution. *Science* 331: 540–542.
- Foerster H. von, Mora P. M., Amiot L. W. 1960.** Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132: 1291–1295.
- Gibbons A. 2007.** Food for Thought. *Nature* 316: 1558–1560.
- GSA Geologic Time Scale. 2012.** URL: <http://www.geosociety.org/science/time-scale/timescl.pdf>.
- Jacobs Z., Roberts R. G., Galbraith R. F., Deacon H. J., Grün R., Mackay A., Mitchell P., Vogelsang R., Wadley L. 2008.** Ages for the Middle Stone Age of Southern Africa: Implications for Human Behavior and Dispersal. *Science* 322: 733–735.
- Nelson D. 1996.** *Lecture Notes for Evolution II.* URL: http://www.icp.ucl.ac.be/~opperd/private/molec_evolution.html.
- Schmitt-Kopplin Ph., Gabelica Z., Gougeon R. D., Fekete A., Kanawati B., Harir M., Gebefuegi I., Eckel G., Hertkorn N. 2010.** High Molecular Diversity of Extraterrestrial Organic Matter in Murchison Meteorite Revealed 40 Years After its Fall. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(7): 2763–2768.
- Snooks G. D. 1996.** *The Dynamic Society. Exploring the Sources of Global Change.* London; New York: Routledge.