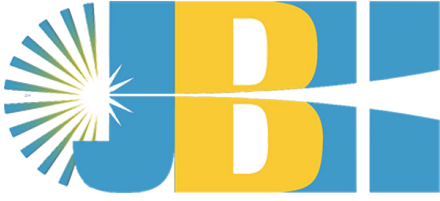


Journal of Big History

Volume II Number 3

Fall 2018





The Journal of Big History (JBH)

ISSN 2475-3610

Editor: Lowell Gustafson (Villanova University, USA)
Associate Editor: Esther Quaedackers (University of Amsterdam, Netherlands)
Book Review Editor: John Mears (Southern Methodist University, USA)

Editorial Board

- Mojgan Behmand (Dominican University of California, USA)
- Craig Benjamin (Grand Valley State University, USA)
- David Christian (Macquarie University, Australia)
- Javier Collado Ruano (National University of Education, Ecuador)
- Seohyung Kim (Ewha Womans University, South Korea)
- Andrey Korotayev (Moscow State University, Russia)
- Lucy Bennison Laffitte (North Carolina State University, USA)
- Johnathan Markley (University of California, Fullerton, USA)
- Barry Rodrigue (Symbiosis School for Liberal Arts, India)
- Fred Spier (University of Amsterdam, Netherlands)
- Nobuo Tsujimura (Institute for Global and Cosmic Peace, Japan)
- Joseph Voros (Swinburne University of Technology, Australia)
- Sun Yue (Capital Normal University, China)

JBH, the journal of the International Big History Association (IBHA), is published on line and is accessible to members of the IBHA. The IBHA also publishes its bulletin, *Origins*. The bulletin contains members' accounts of their activities and views, announcements of conferences and meetings of interest, and other communication of interest to IBHA members.

We encourage readers of the JBH to send letters and responses to jbh@bighistory.org to the address below:

Brooks College of Interdisciplinary Studies
Grand Valley State University
1 Campus Drive
Allendale MI 49401-9403
<https://bighistory.org/>
616-331-8035
jbh@bighistory.org

Cover Photo Credit: National
Science Foundation (NSF) / Laser Interferometer
Gravitational Wave Observatory (LIGO) /
Sonoma State University / A. Simonnet

Please visit journalofbighistory.org and submit manuscripts and other material to *Journal of Big History* (JBH) at jbh@bighistory.org.
The views and opinions expressed in JBH are not necessarily those of the IBHA Board.
JBH reserves the right to accept, reject or edit any material submitted for publication.

The IBHA appreciates its members for their participation in the IBHA. Membership dues all go towards the administration of the association, but do not by themselves cover our costs. The only paid position is a part time administrative assistant. Other costs are for our website and for the JBH, for example. [Please consider a tax deductible \(in the US\) gift](#) to our 501(C)3 and please consider remembering the IBHA in your will.

Contents

Articles

- Refueling the Magic Furnace: Kilonova 2017 Rewrites
the Story of Element Origins**
Barry Wood 1
- Сингулярность XXI века в контексте Большой
истории: математический анализ**
A. B. Korotayev 17
- The 21st Century Singularity and its Big History
Implications: A re-analysis**
Andrey Korotayev 73
- O que é a Grande História?**
David Christian 121
- ¿Qué es la Gran Historia?**
David Christian 139

Book Reviews

- Paul Raskin. *Journey to Earthland:
The Great Transition to Planetary Civilization.*
Reviewed by *David Christian* 157
- Alan Rutherford. *A Brief History of Everyone Who Ever
Lived: The Human Story Told Through Our Genes.*
Reviewed by *Barry Wood* 161

Refueling the Magic Furnace: Kilonova 2017 Rewrites the Story of Element Origins

Barry Wood
University of Houston

Abstract For more than half a century, we have understood element creation in the stars—described in Marcus Chown’s colorful image as “the magic furnace.” From 1958 until 2017, supernova explosions were thought to be the primary site of element creation above Iron, No. 26 on the Periodic Table. This assumption was radically overturned with the August 17, 2017, arrival of signals from a catastrophic collision of neutron stars. This paper traces the history of element-creation science leading to the striking discoveries attending “Kilonova 2017” that now call for a rewriting of the nucleosynthesis chapter of Big History.

Correspondence | Barry Wood, barrywood1940@yahoo.com

Citation | Wood, B. (2018) Refueling the Magic Furnace: Kilonova 2017 Rewrites the Story of Element Origins. *Journal of Big History*, II(3); 1 - 15.

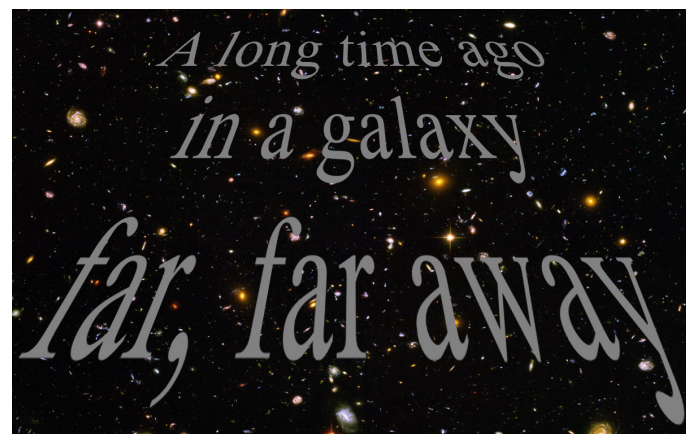
DOI | <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v2i3.2300>

Introduction

Pangea had recently broken up . . . North America and Europe were slowly drifting apart

. . . the Himalayas had not yet appeared . . . tropical jungles harbored enormous predatory dinosaurs that would roam the earth for another 65 million years . . . mammals the size of housecats kept to the shadows . . . squirrel-sized primates covered in caves . . .

Then . . .



an explosion of monumental proportions . . . Vibrations radiated out in all directions, traveling at 300,000 kilometers (186,000 miles) per second. One hundred and thirty million years later, on August 17, 2017, a unique signal reached Earth, detected by three recently constructed gravitational wave (GW) detectors in Italy, Louisiana, and Washington State.¹

Beginning at 24 Hertz, it gradually rose over 100 seconds to several hundred Hertz—indicating the inspiraling of two massive bodies about to detonate in a cataclysmic collision. Following 3,000 cycles, the GW signal came to an abrupt end at 12:41:04.4 UTC (Coordinated Universal Time). Almost immediately (1.74 seconds later) a two-second gamma-ray burst was detected by the orbiting Fermi Gamma-ray Space Telescope (FGST) launched in 2008. Computers went to work, triangulating from signals milliseconds apart to identify a multi-moon sized region in the sky. Within a minute FGST had identified a range and region in the sky, narrowing the search to 100 galaxies. Alerts went out around the world. Every active astronomy team tuned in on the event, receiving signals that would eventually be combined into a minute-by-minute record of a neutron star collision—designated by its gravity waves and date of observance as GW170817. By year’s end, this had become the most thoroughly documented astronomical event in history.

The simultaneous arrival of gravity waves and gamma rays from a source 130 million light years away confirmed the velocity of gravity waves as equal to the speed of light. But gravity waves and

I would like to thank the anonymous reviewers, both physicists, who provided corrections, valuable suggestions, and additional references to strengthen the article.

gamma rays are invisible, while humans are attuned to visible light, images, photographs constructed from the electromagnetic spectrum. Following a systematic search through the “90% confidence region,” aided by comparisons with archival records, four Carnegie astronomers using the Swope Campanas Observatory in Chile located the light signal in NGC 4993, a distant galaxy known since John Herschel discovered it in 1789. The source, identified 10.9 hours after the event, was officially designated Swope Supernova Survey 2017a (SSS 2017a).² The account of this search is itself a dramatic story. The area of interest was viewable only from the southern hemisphere, thus eliminating northern observatories from direct viewing. Obscured by sunlight, observations were delayed for 10.9 hours until the southern hemisphere rotated into night—a delay that heightened anticipation of an optical record unique in astronomical history. The electromagnetic record ranged from visible light to infrared, allowing for precise spectral analysis. Five more teams provided primary observational platforms; seventy observatories around the world tuned in, with thousands of astronomers following this event, recognizing that this conjunction of gravity waves, gamma rays, and visible light had just ushered in a new era of “multi-messenger” astronomy.³

A Unique Moment in Science

As we look over the past two or three centuries, a handful of significant events have changed our understanding of the universe and provided a new beginning in the unfolding narrative of scientific discovery. Some reside in publications whose full significance has unfolded over decades, like Darwin’s *Origin of Species* (1859) or Einstein’s *Special Theory of Relativity* (1905). Others consist of a landmark discovery: James Hutton’s 1794 recognition of “deep time” visible in the geological unconformity at Siccar Point; Edwin Hubble’s 1929 observations of distant galaxies retreating according to a systematic constant. More recently, teams of scientists seeking precise confirmation for signals from deep space, detected

by the Holmdel Horn Antenna in 1965, discovered it when the Cosmic Microwave Background (CMB), was finally photographed by the Cosmic Background Explorer (COBE). The image made news around the world in 1990.

Astronomers have long awaited direct evidence of gravity waves proposed by Einstein’s work. Indirect evidence of gravitational waves from orbital-period variations in a pulsar binary date to 1970 and won a Nobel Prize in physics in 1993. But direct evidence was long delayed. The physics of theoretical cosmic events led to predictions of neutron-star collisions decades ago, though as Li-Xin Li and Bohdan Paczynski (1988) recognized, a mathematical model “can provide only an order-of-magnitude estimate of peak luminosity and the timescale of the transient event that is likely to follow a violent merger of two neutron stars.”⁴ It is notable that Li and Paczynski did not mention gravity waves or gamma rays in 1988, focusing instead on light—our primary window into the universe for centuries—an indication of how the dominant technology of light-gathering telescopes limited the kind of evidence available for analysis.

Detecting gravity waves required inventing a device capable of measuring space-time perturbations smaller than the width of an atomic nucleus. The whole forty-year story from idea to invention is told by Jenna Levin in *Black Hole Blues and Other Songs from Outer Space* (2017), along with the way this enormous project was intertwined with the lives and ambitions of its inventors. The instrument was imagined and designed in the 1970s, but development was halting, at times stopped, though eventually completed with massive funding; in the end, it was the most highly funded project in the history of astronomy. Two detectors eventually came online in Washington State and Louisiana, with a third in Italy, and gravity waves were detected four times from 2015 until early 2017. These were thought to be collisions of black holes or perhaps the swallowing of a massive star by a black hole. For the success of their decades-long project, a Nobel Prize was awarded to three long-term principals,

the limit for prize sharing, though many contributed to its design, and development engaged more than 1000 researchers. Deciding who should receive the award veered toward political conflict: at least four were deserving of the prize, but the decision was simplified by the March 2017 death of physicist co-founder Ronald Dever at the age of 85. Rainer Weiss, Kip Thorpe, and Barry Barish thus shared the Nobel Prize in physics, awarded in October 2017. Weiss, who set forth the key design for the detector in a paper in 1972, generously commented, “we’re symbols for the much bigger group of people who made it happen,” and Barish added, “I have somewhat ambivalent feelings about the recognition of individuals when so much of this was a team effort.”⁵ The Prize, announced early in October 2017, provided a capstone for one of the most ambitious projects in physics. By this time Kilonova 2017 had demonstrated gravitational waves once again; its dramatic announcement would soon follow.

The discovery and coordination of data was kept under wraps for three months until its official announcement in mid-November 2017, at which point a term for a neutron-star collision, “kilonova,” proposed by B. D. Metzger *et al* (2012), suddenly achieved common currency in the vocabulary of

science.⁶ Nothing has approached the flood of scientific publication attending this announcement, including advanced papers and more than 100 article preprints. Press releases appeared from dozens of news agencies and universities. Six letters appeared in the leading British publication, *Nature*; eight in the flagship AAAS weekly, *Science*, with 32 in a special issue of *The Astronomical Journal Letters*; the lead article (149 pages) coordinating observations from 70 observatories was coauthored by 4,000 astronomers from 900 institutions.⁷ The 22 December 2017 issue of *Science* hailed this “cosmic convergence” of neutron stars as the breakthrough story of the year, marking the announcement with six more research papers.⁸

The Significance for Big History

One of the biggest problems for teachers of Big History is deciding what is important enough for incorporation into our cosmic narratives. Even a fraction of what we know may be too much.

Beginning with astronomy, our territory ranges through physics, chemistry, biology, ecology, anthropology, sociology, psychology, and a welter of historical and cultural strands most of us are still sifting for their significance. Our goal is to explore and construct a continuous narrative that links Cosmos, Earth, Life, Humanity, and Culture, but the separate silos of our disciplines lure us toward our specialties. Astronomers



Cover of *Science Magazine*, December 22, 2017, depicting the rotating laser-like pulsar beams and inspiraling neutron stars leading to merger.

feel comfortable up to the creation of Earth and the Hadean era; geologists focus on rocks, mountains, and plate tectonics; historians find significance in the Holocene—from the Agricultural Revolution to the Internet. None of us are quite sure how to weight the Anthropocene chapter, which is so central for the present human situation that it threatens to overwhelm the preceding 13.8-billion-year narrative.

Here we are easily influenced by the enthusiasm of specialists who observe these events. A neutron star merger has an exotic appeal for astronomers because it is so rare, but just how do infinitesimal gravity waves attending relatively rare events in far-away galaxies concern us? Or, if they occur closer to home somewhere in our own galaxy, should they be part of the big story? Pretelescopic sightings of nearby supernovae (1054, 1572, 1604) indicate these as sporadic, sometimes centuries apart, but more thorough sky surveys now suggest one or two in our galaxy every century. In contrast, a Milky Way neutron-star collision is estimated to occur once every 10,000 years. We are therefore far more likely to find them elsewhere. But gravity waves seem distant, especially when we learn that the August 17, 2017, collision produce vibrations in our own space-time framework one thousandth the width of a proton. Our technological ability to measure perturbations this fine seems more significant than the perturbations themselves!

But, the optical data attending this event is another story. In the hours following the collision, a shower of heavy elements appeared. Most reports have mentioned gold and platinum—elements that hold particular significance for humans—but these are the tip of the iceberg or, in a more relevant metaphor, the top drawer of the mineral cabinet. The total of heavy elements observed added up to an estimated 16,000 Earth masses. We now recognize that neutron star collisions produce more than half of the sixty-six elements above Iron, number 26 on the Periodic Table. This moves the significance of this event to the mainstream of the Big History story. Element creation is a fundamental

chapter that falls between the emergence of Time, Space, Matter, and Energy when everything started up and the later combining of elements on a well-placed planet to form chemical molecules, and life. Thus positioned, the creation of the elements is an intermediate story of monumental importance. But with the magnificent fireworks of Kilonova 2017, we now recognize that this central chapter has long been incomplete, or regarded as complete when in fact the final episode was understood imperfectly. For this, we need to look at the story of element fusion in the stars as it unfolded over the previous eighty years.

The Fusion of Hydrogen to Iron in the Stars

The creation of the elements is a lynchpin chapter in Big History. It presents a sequence of material creativity before the much more complex innovations at the molecular, cellular, and organic levels. It also provides an arena for exploring a primary idea—the astonishing and unpredictable properties that appear as particles are added; for instance, as we move from element 78 to 79 to 80 (platinum to gold to mercury), from brilliant shiny minerals to a dull and viscous liquid poisonous to life. There is hardly any better illustration of the unifying theme of emergence. Yet the story is hardly known. My big history course, *Cosmic Narratives*, attracts students from roughly 25 majors, including the major sciences. On questioning chemistry majors, I am always surprised that this story is not routinely covered in their classes. The reason is simple; our institutionalized silo separation of knowledge defines the creation of elements as irrelevant. This is well illustrated in a standard undergraduate chemistry text that includes a four-page section on nuclear reactors and fusion in the laboratory from “bombardment using particle accelerators,” noting the role of fusion in the hydrogen bomb. The origin of the elements is treated—tentatively and anthropically—in a single sentence: “It is now believed that the energy of stars, including our sun, where extremely high temperatures exist, derives from nuclear fusion.”⁹ This astonishing reduction of stellar nucleosynthesis in a chemistry

text of 1030 pages shows professional chemists overlooking the multidisciplinary connections of their subject, disinterest in relating creative events at cosmic scale to human life, and a focus primarily on technological applications.

The fact is the story of element creation in the stars, by itself, constitutes a liberal education in the midst of astronomy, physics, and chemistry, a point where the structure of narrative from the humanities provides an organizing principle for the sciences.¹⁰ We are, after all, made of elemental materials forged billions of years ago in the stars. In this light, the contribution of Kilonova 2017 enters the picture. We need to review the story, noting the contribution of this singular event to rewriting this crucial chapter of Big History.

In an early myth, the stars were lights shining

through tiny holes in the celestial sphere. An ancient cosmic narrative has the sun-god Helios driving a fiery chariot across the sky; the Egyptians named him Ra, the Hindus Surya, the Romans Sol. The idea of the Sun's warmth as simple combustion persisted until the eighteenth century when the extended age of the Earth suggested by geologists made clear that a Sun consuming fuel like wood or coal would have long ago burned out. In the early twentieth century, radioactivity was considered, but this was associated with heavy elements like uranium and thorium whose abundance was insufficient to fuel the Sun for millions of years. A conceptual breakthrough came with Sir Arthur Eddington's classic study, *The Internal Constitution of the Stars* (1926) where he suggested that the source of the Sun's heat was the "annihilation of matter," an insight derived from Einstein's equivalency of matter and energy, though Eddington had no idea how the conversion might occur.

Clarification came over the next three decades as a new generation of physicists worked out the principles of nuclear fusion. The first attempt came with a seminar paper by Fred Hoyle, "The Synthesis of the Elements from Hydrogen," presented at the Royal Astronomical Society meeting on November 8, 1946.¹¹ Hoyle's theory that synthesis occurred in stars was indeed a conceptual breakthrough; as Margaret Burbidge, who heard the paper, remarks, this was "a time when the current theory was that the elements were created primordially by the coagulation of neutrons just after the birth of the Universe."¹² Hoyle was persuasive in presenting his new view, asserting that "our first object of finding a place in the universe where the elements may be synthesized has been achieved."¹³ Paralleling the development of particle accelerators,¹⁴ a generation of young physicists began a theoretical exploration of nuclear fusion, the idea of bombarding atomic nuclei with particles and working out how difficult barriers might be overcome. It was known that the electron shell preserves considerable space inside the atom that presents front-line stopping power; in addition, the enormous repellent force of

The poster features a dark blue background with a bright, glowing celestial object. At the top, it reads "UH INSTITUTE FOR ASTRONOMY • FRONTIERS OF ASTRONOMY COMMUNITY EVENT". The main title "KILONOVA" is in large, bold, yellow letters, followed by "Gravity Waves and the Origin of Heavy Metals" in white. Below the title, a subtitle reads: "The story of gravity waves from neutron stars, the astronomical campaign that followed, and what it all means...". The speaker is listed as "with Ken Chambers, Pan-STARRS Director". The event details are: "Thursday, 16 November 2017, 7:30 p.m., UH Mānoa Art Auditorium, Open to the Public, Free Admission, Campus Parking \$6.00, www.ifa.hawaii.edu". A periodic table of elements is shown, with several elements highlighted in yellow. At the bottom, there are logos for the University of Hawaii, Pan-STARRS, and various sponsors including NASA and Friends of UH.

Poster for the astronomical community event sponsored by the Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS) at the University of Hawaii on the evening before the Kilonova 2017 announcement. Note the elements (highlighted) created by the merger.

positively charged protons in the atomic nucleus presents withering firepower against anything but a direct high-velocity frontal attack. Overcoming these, it was realized, would require impacts of electrically neutral neutrons and protons at enormous velocities attainable only with temperatures in the order of millions of degrees. Theory based on well-developed laws of physics held that a dead on collision with an atomic nucleus was more likely for a neutron while very difficult for a proton, but construction of a more complex nucleus depended on the addition of both protons and neutrons. Precise pathways would take much exploration.

A conceptual breakthrough had come with Harold Urey's 1932 discovery of a rare and heavy isotope of hydrogen consisting of one proton and one neutron which he called "deuterium," conveniently designated as (²D).¹⁵ Building on this, Charles Critchfield, who had studied under the Russian astronomer George Gamow, recognized that deuterium was a possible intermediate step in what eventually was called the proton-proton process, each step of which would result in some matter converted to energy.¹⁶ The process is easy to follow:

$^1\text{H} + ^1\text{H}$ yields ^2D + energy: a neutrino and a positron (e^+) combine with a regular electron (e^-) and are radiated as a gamma ray

$^2\text{D} + ^1\text{H}$ yields ^3H + energy: a gamma ray
The end product, ^3H , is incomplete helium missing one neutron, thus requiring another step;

$^3\text{H} + ^3\text{H}$ yields ^4H (Helium) + ^1H + ^1H
(which can begin the process again)

While Critchfield developed the proton-proton (or *p-p*) process, Hans Bethe, a Jewish physicist who fled from Germany to United States in 1933, met and worked with George Gamow. Known for his ability to work out nuclear reactions on paper, Bethe made a name for himself publishing papers on nuclear processes. His expertise was soon recognized, leading to his appointment in 1939 to the theory division at Los Alamos, New Mexico, in charge of developing

a nuclear bomb. Following the development of the atomic (fission) bomb, tested in 1945, attention turned to fusion, the result being the Hydrogen Bomb, successfully tested in 1948.

The H-Bomb proved that the proton-proton process worked, and the continuous radial heat of the Sun verified it. This triggered a new era in physics: if hydrogen could be fused to helium, perhaps helium nuclei could be fused to higher elements. An obvious process would lead to carbon (C):

$^4\text{He} + ^4\text{He} + ^4\text{H}$ might yield ^{12}C

The fusion of ^{12}C from three ^4He nuclei looked simple on paper, though the probability of a simultaneous collision and fusion of three nuclei seemed impossibly low. But a two-step process through Beryllium (Be) looked promising:

$^4\text{He} + ^4\text{He}$ would yield ^8Be + a gamma ray

$^8\text{Be} + ^4\text{He}$ would yield ^{12}C + a gamma ray

Once a pathway to ^{12}C had been developed, a more complex 6-step "carbon-carbon" (*c-c*) process proposed by Bethe would yield Nitrogen (N) and Oxygen (O) and multiple pathways to other elements. This series of ad hoc processes pointed the way to a comprehensive methodology while incidentally generating the four primary elements of life—H, C, N, and O.

In the 1950s, a remarkably talented team came together: husband-and-wife astronomers Geoffrey and Margaret Burbidge, the experimental physicist William Fowler, and the British theoretical physicist Fred Hoyle, well known for his off-handed invention of the term "big bang." Over several months, they worked out a multitude of nuclear processes that might account for the fusion of elements in the Periodic Table. The result was a landmark 103-page paper published in *The Physical Review* (1957).¹⁷ Six decades later, the paper is so famous among physicists that it is known from its authors as B-squared-FH (B²FH). While they attempted to work out processes that would create all elements in the entire Periodic Table, they recognized a barrier at iron 26. Fusion of the lower elements resulted in energy emission;

elements above iron 26 required an infusion of energy. They could guess at steps for heavy-element fusion but could only speculate about the precise source of the needed energy.

The Hydrogen-Helium Mystery and the Big Bang

Up until the B²FH paper, a long-term presence of foundational hydrogen was assumed, especially among astronomers such as Fred Hoyle who held steadfastly to the idea of an eternal universe. But George Gamow, Carl-Friedrich von Weizsacker, and Charles Critchfield—a generation of physicists of remarkable skill and intuition—saw things differently. Hydrogen provided a foundation for stellar fusion, but its origin was a mystery, emphasized by massive amounts available for star making. Related to this was the inordinate amount of helium across the universe which far exceeded what was deemed possible from stellar nucleosynthesis. In 1964 Fred Hoyle and Roger Taylor noted that synthesis of that much helium in stars would have led to galaxy brightness far in excess of what was observed. Their paper on the “mystery of cosmic helium abundance” asserted that “helium production in ordinary stars is inadequate to explain” the helium abundance observed. To assume hydrogen and helium as unexamined givens was too simple and lacked an empirical foundation. The conviction grew that there must be another process—indeed, another site—where hydrogen and helium in massive quantities came into existence. Hoyle and Taylor suggested a “radiation origin” for these foundational elements.¹⁸

We now know that the “radiation-origin” was the big bang, but from the 1940s until 1960s, the big bang remained a theory that took a back seat to the more widely held steady-state cosmology. In 1948 the theory of the big bang along with the mathematics of big-bang nucleosynthesis took shape at the hands of George Gamow and his former student Ralph Alpher.¹⁹ Later in the year, Alpher and Robert Herman published a brief note in *Nature* that included a general prediction of a remnant cosmic

microwave background (CMB), including an estimate of its temperature at 5 K (five degrees above zero on the Kelvin scale), remarkably close to the present measurement of 3 K.²⁰ Alpher and Herman continued to explore the idea of a big bang, but no one else took particular note, and Fred Hoyle, who had derisively coined the term, stubbornly resisted the idea; thus it remained controversial until 1965 when Arno Penzias and Robert Wilson accidentally discovered the CMB as a puzzling signal from deep space.²¹ When it finally took hold, it made its debut in 1967 as a “primeval fireball” in *Scientific American*.²² Once serious consideration and mathematical reconstruction of the big bang began later in the 1970s, the pure energy that necessarily prevailed at the moment it all began (time zero) became the focus of attention. Einstein’s equivalency of energy and matter in his celebrated $E = mc^2$ equation meant that hydrogen had precipitated from a precursor, an incredibly dense and hot energy field that underwent rapid expansion and density decline. As the theory developed, it seemed clear from the known laws of physics and the effects of falling heat and density that energy would precipitate as various particles, including hydrogen nuclei, and following intermediate production of deuterium and tritium, helium nuclei would fuse as long as temperature remained high enough. The result was an expanding cloud of debris consisting almost entirely of hydrogen and helium.²³ Simple application of physical laws indicated that this was a temporary endpoint; fusion of helium into higher elements required temperatures in excess of 100 million degrees that were no longer available as big-bang material continued to expand.

Inordinate amounts of hydrogen and helium as the primary material of early stars now made sense, and still do: excluding the still-elusive dark matter, these two make up 99% of all ordinary matter even today.²⁴ Further fusion in the stars and processes that burned (or cooked, baked, or broiled) the first twenty-six elements had already been worked out, but in the real world of the early universe, sites for element cooking would not be available for several hundred

million years and would depend on the formation of the earliest stars.

Building on a foundation of hydrogen and helium, the earliest stars took over the narrative. Star centers provide an environment where the pressure of gravity sends temperature soaring beyond the crucial 100-million-degree mark, allowing the cooking of helium to higher and heavier elements that will in turn sink to the center of the star. There, further fusion drives fusion up the Periodic Table. The *p-p* and *c-c* processes already described were then understood as steps in the evolution of stars in which they gradually developed an onion-like structure with the heaviest elements undergoing fusion at the core. Thus understood, the evolution of the elements was virtually inseparable from the life history of stars. By the end of the 1970s, fusion had settled into a two-chapter narrative; the creation of H and He during the big bang; and the fusion of beryllium 3 to iron 26 at the centers of very large stars. This was clear. What was not clear was how nucleosynthesis could bypass the iron 26 barrier. Where would the needed energy come from?

The answer was tentatively proposed as early as the 1950s: a site so catastrophic that unimaginable energy would be available. Physicists nursed an intuition that stellar explosions might be the place, especially since the spectra from remnants of such explosions indicated the presence of heavier elements. But decisive proof was missing: heavier elements could have been present before the source star exploded. Until stellar explosions could be observed in real time, a possible third chapter in element fusion was theory not yet established as fact.

Supernova Fusion

Supernova explosions are a relatively rare event in the Milky Way. Speculation has identified the star that allegedly foretold the assassination of Julius Caesar (44 BCE) as a supernova, but celestial signs accompanying human events are common in mythology from Europe to India and China. In the

context of science, multiple sightings are needed for verification. Until the late 20th century three verifiable Milky Way supernovas were known by their remnants. The 1054 explosion that created the Crab Nebula, was described by the Chinese as a “guest-star”; it was seen also by the Babylonians, and, as a petroglyph at Chaco Canyon suggests, possibly by Native Americans.²⁵ When Tycho Brahe’s saw a supernova in 1572, he said he was “amazed . . . astonished and stupefied.” Kepler observed one visible for a year in 1604; known as “Kepler’s star” it was the most recent one until the twentieth century. For all of these, observations were limited to a light source so intense that it was visible even during daylight hours for several weeks or months, but these occurred too far in the past for reliable analysis. Waiting for one was discouraging because the Milky Way average seemed to run about one supernova every 250 years. From the limited timespan of human observation, this is a very long time, though there was little doubt about supernovas on a cosmic scale. Assuming that the Milky Way average applies to the estimated 350 billion large galaxies, the universe experiences 300 supernovas every second, possibly more: the Pinwheel Galaxy 20 million light years away has experienced an astonishing frequency of three supernovas since 1994, and 7 trillion dwarf galaxies would add to any estimate, raising it closer to Marcus Choun’s suggested total of 1000 supernovas every second.²⁶ Their importance in the overall narrative of cosmic history cannot be ignored.

Fortuitously, a supernova that could be studied with modern astronomical methods was observed in 1987 in a nearby dwarf galaxy, the Large Magellanic Cloud, at a distance of 168,000 light years. Prior to this event, no one was quite sure about the demise of stars. In 1961, Alan Broms admitted that “what brings it [the end of a star] about we do not know, though we do assume it is some condition which upsets the balanced state of the star’s interior.”²⁷ By the late twentieth century the physics of core collapse had been worked out with some variation dependent on the size of the star.²⁸ Stars in the size range of the Sun last billions of

years, slowly fusing hydrogen to helium, and perhaps a few of the lower elements. But in larger stars of nine or more solar masses, fusion continues until an energy barrier at iron 26 causes a material pileup that increases until fuel runs out. As long as fusion continues, the production of energy at the stellar core provides upward pressure against the downward force of gravity, but once fusion stops, gravity takes over. The atomic structure of the iron core cannot withstand the pressure; the electron shells break up; the vast interior space of the atoms is eliminated, and a catastrophic gravitational collapse ensues, with inward velocity approaching 70,000 kilometers (45,000 miles) per second. In a microsecond, a stellar core the size of the earth is reduced to the size of Manhattan or Singapore. This collapse is so violent, with energy and heat produced at such enormous levels, that a rebound and supernova explosion follows, with debris ejected into space at an estimated ten percent the speed of light—approximately 30,000 km (18,000 miles) per second.

Prior to the 1987 supernova, precisely what might happen during the demise of a star was little more than speculation. Broms admitted that “we are doing much guessing about these last stages and final endings of the star careers,” but he made an intuitive guess: “It may well be that within them the heavy elements are formed by higher temperature transmutations.”²⁹ Writing about the same time, Norman Berrill was more committal: with the explosion of a red giant star as a supernova, it “adds to the space outside, so that stardust now consists of the whole range of the elements in roughly the proportions we are familiar with on earth.”³⁰ By 1983 Nigel Calder could say quite confidently, “more massive stars [than the sun] come to a dramatic end in a supernova explosion that manufactures heavy elements and flings many of them out into space.”³¹ But qualifications appeared in the late 20th century that limited supernova fusion to elements from hydrogen 1 to zinc 30.³² The problem arose from the enormous velocity of supernova expansion; as John and Mary Gribbon point out, “the normal pattern of light and dark lines in the spectrum

get smeared out by huge Doppler shifts into broad bands of light and dark.”³³ Precise identification of specific heavy elements is thus problematic. In 2003, a Carnegie Symposium on the *Origin and Evolution of the Elements* was attended by more than 130 scientists. Every phase of the process was examined; a collection of papers was produced by Cambridge University Press. Notably, the production location of the heaviest elements could not yet be determined; as Bernard Pagel confirmed in the conference summary, the r-process is basic to heavy element fusion, but he acknowledged that “many mysteries” remain, adding that “*there is no certainty as to where it occurs* (italics added).”³⁴

Despite uncertainty among astrophysicists, the much-repeated popular view that every element above iron has a supernova origin has prevailed. This idea has been passed on like a baton for half a century; the list of well-known scientists and cosmologists who repeated it is rather astonishing: Preston Cloud, Carl Sagan, Timothy Ferris, Alan Guth, Neil de Grass Tyson, Eric Chaisson, and John Hands.³⁵ Big History presentations, including the McGraw Hill textbook, repeat this view.³⁶ As recently as the May 2, 2017, publication of *Quarks to Culture*, Tyler Volk could write, “Upon explosion, supernovas disperse their created products outward. The result is approximately eighty types of stable nuclei, a number based on how many protons each contains.”³⁷ The long life of this tenuous assumption is easy to explain: no additional site for fusion was known; the universe contained all 92 elements; therefore, supernovas *must* be the site where all the heavy elements were born. The assumption thus became conventional wisdom that brought to completion a three-part narrative for the creation of the elements: (1) hydrogen 1 and helium 2 creation during the big bang; (2) lithium 3 to iron 26 fusion at the centers of large stars; and (3) nickel 27 to uranium 92 during supernova explosions.

Neutron Star Merger and Element Fusion

And so the story stood, but the science story

is usually tentative, rarely complete. Writing in 2010, B. D. Metzger *et al* anticipated gravity waves from a collision of neutron stars, along with an electromagnetic display from heavy-element fusion.³⁸ When it happened on August 17, 2017, a fourth and corrective chapter was written and the dramatic term “kilonova” moved to center stage—the name referring to luminescence a thousand (*kilo*) or more times greater than any other cosmic event. Gamma-ray bursts that had been detected over several decades showed that black-hole creation and black-hole-neutron-star (BH-NS) collisions may have occurred, but the Kilonova 2017 event was a NS-NS collision, the first observed in real time. As objects too small to be observed even through the most powerful telescope, neutron stars are known from rapid light pulses flashed across the universe—from which they derive their name as “pulsars.” As a neutron star rotates, pulses are sent out like lighthouse beams visible if sent in the direction of the earth; their frequency—up to several hundred times per second—tells us that neutron stars have preserved the angular momentum of their much larger originals and thus spin at unimaginable velocities.³⁹

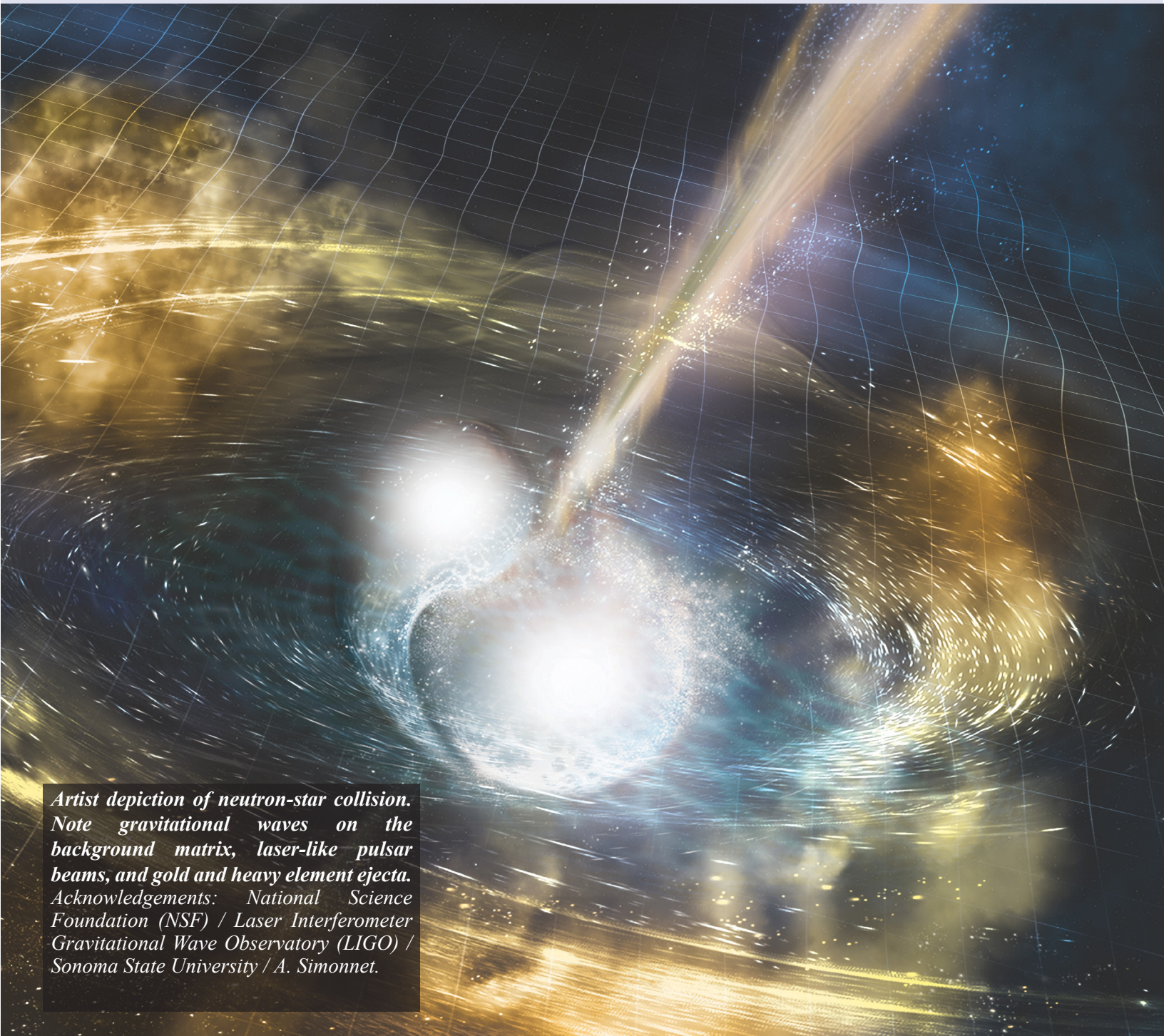
Neutron stars are downtown-city-size supernova cinders. Typically 8 to 12 miles in diameter, they contain protons and electrons compressed so densely into neutrons that all interior space has been eliminated; they are so weighty and solid that a teaspoon full would weigh up to a billion tons, a potful would outweigh a mountain—within Earth’s gravitational system. Their gravitational force on any common object would result in distortion and stretching, or what Nigel Calder once called “spaghettification.”⁴⁰ Their density dictates masses akin to sun-like stars: estimates have put the two observed on August 17 at 1.6 and 1.1 times the mass of the Sun. They were nothing less than cosmic bombs waiting for ignition.

Given the frequency of supernova explosions over 10 to 12 billion years, millions of neutron-stars may be wandering through the Milky Way, every other galaxy, and possibly intergalactic space. Survival of astronomical objects for 10 + billion years is

not unusual; the space between stars is so great—thousands or millions of times their diameters—that stellar collisions are rare, even when galaxies merge. Statistically, even close encounters of neutron stars are rare. Analysis indicates the two detected almost certainly originated in the same galaxy, NGC 4993.⁴¹ Precisely how two of these leftover cinders from widely separate events found each other is beyond discovery—the odds are miniscule—but once together, they formed a binary system that may have spun for millions of years until orbital decay doomed them to catastrophic collision. Estimates place neutron star mergers at several magnitudes fewer than supernovas, but the vastness of the universe assures regular occurrences.

The detection of gravity waves increasing from 24 Hertz to several hundred over just 100 seconds provided a first-time record of inspiraling neutron stars in a tightening orbit at breakneck speed, dozens of rotations per second. The 1.7 second silence marked the final death plunge and collision at close to the speed of light signaled by the two-second gamma-ray burst. Astrophysical theory suggests that the bulk of material from merging neutron stars totaling more than three solar masses will disappear into a black hole; meanwhile a starburst of radiation equal to billions of stars signaled an explosion of material blasted into surrounding space at 20 to 30% the speed of light—40,000 to 50,000 miles per second. Spectral analysis indicated rapid nucleosynthesis that peaked during the first day.⁴² Fusion may have retraced fundamental pathways (the p-p and c-c processes, etc.) with new pathways made possible by kilonova conditions.

Colliding neutron stars provide a unique site for fusion different from supernovas—a neutron-rich environment for building higher elements with heat the engine driving particle collisions. As neutrons are propelled into the nuclei of unstable isotopes, nuclear decay provides a countervailing force: dozens of isotopes have half-lives of microseconds, making sustained nuclear construction tenuous. But the rapid



Artist depiction of neutron-star collision. Note gravitational waves on the background matrix, laser-like pulsar beams, and gold and heavy element ejecta. Acknowledgements: National Science Foundation (NSF) / Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory (LIGO) / Sonoma State University / A. Simonnet.

neutron process (*r*-process) explored in detail in B²FH bypasses this difficulty. Interestingly, the B²FH team recognized the need for “a large flux of neutrons . . . available in a short period of time,” adding that “the precise source of the neutrons is not important. . . .

any source capable of supplying a large neutron flux on a short time-scale of order 10-100 sec, would meet the requirements.”⁴³ Sixty years before any idea of a kilonova existed and the first one was observed, the B²FH theorists defined the precise environment

needed for heavy-element nucleosynthesis.

Forced tunneling of neutrons into nuclei faster than they can decay builds isotopes by the hundreds while beta decay turns some neutrons into protons. The resulting presence of both neutrons and protons allows for conversion of the nucleus to the next element on the Periodic Table. An unremitting barrage of neutrons thus provides a foundation for a sequential fusion of stable nuclei that effectively carve a pathway through radioactive decay, leading to the fusion of roughly half the heavy elements on the Periodic Table.⁴⁴ Spectral analysis shows an estimated 16,000 earth masses of higher elements created, including the lanthanide sequence of rare-earth elements, with gold and platinum estimated at four earth masses—a mineral display of unfathomable wealth.⁴⁵ As we look at treasured necklaces and rings of gold, we are looking at the fabulous riches of ancient kilonovas.

Conclusion

In retrospect, the first step of hydrogen-helium creation was missing from Fred Hoyle's 1946 paper: he thought the big bang was a mistake and never accepted it, even after the Cosmic Background Explorer (COBE) sent back an image of the Cosmic Microwave Background (CMB). His paper was heavily mathematical and focused on hydrogen-helium fusion in what he called "the helium zone." But he was essentially right in recognizing stars as places where element evolution occurs. A brilliant generation of physicists continued his work, recognizing that the conditions required for constructing higher and heavier elements varied enormously—so much so that a single site for element building was impossible. The task of sorting through the possibilities has taken three quarters of a century and eventually depended on the construction of more powerful instruments that could bring observations of distant events down to earth. Our earliest observations through the Mount Wilson and Palomar telescopes were limited to the narrow range of visible light; the gravitational waves from Kilonova 2017 perturbed the space-time framework

where we reside one-thousandth of the width of a proton. We have indeed come a long way since the Greek story of a fiery chariot driven across the sky by the sun-god Helios and the belief that stars were lights flickering from a celestial dome. Now we know that the fusion of the whole range of elements has required four distinctively different environments, all of them occurring in unearthly places during events that are truly catastrophic. The kilonova chapter of the element-building story appears to complete the other three, though there remain puzzles and pathways not entirely sorted out. New atom smashers will increase understanding of heavy-element nucleosynthesis. One day we may have to write another chapter.

For those engaged in Big History, this merger of neutron stars and the resulting kilonova have completed the story of nucleosynthesis. The generation of the elements has profound importance for subsequent history, but this is easily passed over as if unimportant. Thus we read in a brief history of the universe by a prominent astrophysicist that "rapidly evolving massive stars are responsible for producing most of the heavy elements, such as carbon, oxygen, and silicon, *from which we are made.*"⁴⁶ The added italics highlight the compression and virtual loss of the larger narrative that adds significance to the element creation story. It seems endemic to the sciences to confine observation to disciplinary silos, thus losing the most relevant connections that justify the investigation of cosmic history and provide meaning for discoveries. It is the role and task of Big History to bridge these academic silos—to see, understand, and communicate the unifying narrative that makes sense of the fragmentary knowledge of discipline-defined knowledge.

From ninety-two elements, a virtually infinite range of chemical molecules have been built—in space, and more profusely in the congenial environments of Earth. Somewhere around four billion years ago, clusters of molecules, activated by continuous energy flows, acquired identity and pattern retention sufficient to maintain themselves and reproduce, and

the nearly interminable era of single-celled life was set in motion. Cells, we now know, are constructed from up to 100 trillion atoms, and when linked up to form living organisms, we must multiply by hundreds of trillions more. Ultimately, though, such life, from trilobites to tarantulas, plankton to primates, is built on the foundation of the elements—life’s emergent skills, motivations, thoughts, and imaginings firmly nested within the mysterious properties of the elements themselves. And while the elements basic to life are clustered in the lower twenty six, our creative energies have found uses for virtually all the others. What would life be without silver, gold, and platinum? Kilonova 2017 has indeed moved us a giant step closer to what Thomas Berry called the New Story—a captivating narrative of cosmic history.⁴⁷

Endnotes

1. B. P. Abbott et al., “GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral,” *Physical Review Letters*, 119 (16 November 2017), 1-18.
2. D. A. Coulter, et al., “Swope Supernova Survey 2017a (SSS17a), the Optical Counterpart to a Gravitational Wave Source,” *Science* 358, Issue 6370 (22 December 2017), 1556-1558.
3. Eva Botkin-Kowacki, “Neutron Star Discovery Marks Breakthrough for ‘Multi-messenger Astronomy,’” *The Christian Science Monitor* (16 October 2017).
4. Li-Xin Li, Bohdan Paczynski, “Transient Events from Neutron Star Mergers,” *The Astrophysical Journal Letters* Volume 507 (1 September, 1998).
5. Adrian Cho, “Trio Surfs Gravitational Waves to Nobel Glory,” *Science* 355, issue 6359 (6 October 2017), 17.
6. Metzger, B. D.; Martínez-Pinedo, G.; Darbha, S.; Quataert, E.; et al. (August 2010). “Electromagnetic counterparts of compact object mergers powered by the radioactive decay of r-process nuclei”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. **406** (4): 2650-2662.
7. B. P. Abbott [+ 4000 coauthors], “Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger,” *The Astrophysical Journal Letters* 848, Number 2 (16 October 2017), 1-147.
8. Adrian Cho, “2017 Breakthrough of the Year: Cosmic Convergence.” *Science* 358, Issue 6370 (22 December 2017), 1520-1521.
9. Darrell D. Ebbing, Steven D. Gammon, *General Chemistry*, 9th edition (New York: Houghton Mifflin, 2009), 857.
10. Barry Wood, “Bridging the ‘Two Cultures’: The Humanities, Sciences, and the Grand Narrative.” *International Journal of Humanities Education*, Vol. 10 (2013), 44-55.
11. Fred Hoyle, “The Synthesis of the Elements from Hydrogen.” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 106 (1946), 343-369.
12. Margaret Burbidge, “Synthesis of the Elements in Stars: B²FH and Beyond,” *Origin and Evolution of the Elements*, ed. Andrew McWilliam (UK: Cambridge University Press, 2004), 8.
13. Hoyle, 353.

14. Andrew Robert Steere, *A Timeline of Major Particle Accelerators*. Master of Science Thesis (Michigan State University, 2005).
15. An element's *atomic number* refers to its traditional position (1 to 92) on the Periodic Table. The use of preceding superscripts which follows astrophysical practice refers to the total protons + neutrons in a stable nucleus; with the sole exception of hydrogen, the nuclear total is always double the atomic number. Thus carbon 6 is No. 6 on the Periodic Table while its nuclear total is coded ^{12}C . This symbolism is useful for designating isotopes; thus the radioactive form of carbon, ^{14}C , is a well-known isotope that contains two extra neutrons in the nucleus.
16. Amos Harpaz, *Stellar Evolution* (Wellesley, MA: A. K. Peter, 1994), 48-50.
17. Geoffrey Burbidge, Margaret Burbidge, William Fowler, Fred Hoyle, "Synthesis of Elements in Stars" [B²FH], *Review of Modern Physics*, Vol. 29 (1957), 547-650.
18. Fred Hoyle and Roger J. Taylor, "The Mystery of the Cosmic Helium Abundance," *Nature* 203 (12 September 1964), 1108-1110.
19. R. A. Alpher, H. Bethe, George Gamow, "The Origin of Chemical Elements." *Physical Review* Vol. 73, No. 7 (April 1, 1948), 803-804. Gamow and Alpher wrote the article, but Gamow, a prankster, raised the article to fame by adding Hans Bethe to create an authorial trilogy (Alpha-Bethe-Gamow), a pun on the first three letters of the Greek alphabet ($\alpha\beta\gamma$). Its publication on April Fools Day enhanced the joke.
20. R. A. Alpher, R. Herman "Evolution of the Universe," *Nature* 162 (November 13, 1948), 774-775.
21. Aldo Penzias, Robert Wilson, "A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s," *Astrophysical Journal* 142 (1965), 419-421. For a summary of pre-1965 reticence about the term big bang, see Barry Wood, "Imagining the Unimaginable: Narratives of the Big Bang," *Big History Journal*, Vol. 2, No. 1 (Spring 2017), 1-13.
22. P. J. E. Peebles and David T. Wilkinson, "The Primeval Fireball," *Scientific American* 216 (June 1967), 28-38.
23. We now know that big bang material contained trace amounts of lithium 3 but this had negligible effect on subsequent fusion.
24. Steven Weinberg, *The First Three Minutes*, updated edition (New York: Basic Books, 1993), provides a definitive account of H and He creation during the big bang; see also Joseph Silk, *The Big Bang*. 3rd edition (W. H. Freeman, 2001).
25. John C. Brandt & Ray A. Williamson, *The 1054 Supernova and Native American Rock Art*, *Astroaeoastrology*, No. 1, *Journal for the History of Astronomy*, Supplement, 10 (1979), 1-38.
26. Marcus Chown, *The Magic Furnace* (New York: Oxford University Press, 2001), 203.
27. Allan Broms, *The Emerging Universe* (New York: Doubleday, 1961), 178.
28. Heger, Alexander, et al., "How Massive Single Stars End Their Life". *Astrophysical Journal*. 591 (2003): 288.
29. Broms, 80, 83.
30. Norman Berrill, *You and the Universe* (New York: Holt, 1958), 178.
31. Nigel Calder, *Timescale: An Atlas of the Fourth Dimension* (New York: Viking, 1983), 279.
32. Timmes, F. X.; Woosley, S. E.; Weaver, Thomas A. (1995). "Galactic Chemical Evolution: Hydrogen through Zinc". *Astrophysical Journal Supplement Series*. 98 (1995), 617.
33. John and Mary Gribbon, *Stardust: Supernovae and Life—the Cosmic Connection* (New Haven: Yale: 2000), 164.
34. Bernard E. J. Pagel, "Conference Summary," *Origin and Evolution of the Elements*, 483.
35. Preston Cloud, *Cosmos, Earth and Man* (New Haven: Yale University Press, 1978), 11, 26; Carl Sagan, *Cosmos* (New York: Random, 1980), 233; Timothy Ferris, *Coming of Age in the Milky Way* (New York: William Morris, 1988), 279; Alan H. Guth, *The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins* (Reading, MA: Helix Books, 1997), 98-99; Neil deGrasse Tyson and Donald Goldsmith, *Origins: Fourteen Billion Years of Cosmic Evolution* (New York: Norton, 2004), 165; Eric Chaisson, *Epic of Evolution* (New York: Columbia University Press, 2006), 171; John Hands, *Cosmosapiens: Human Evolution and the Origin of the Universe* (New York: Overlook Duckworth, 2015), 131.
36. David Christian, a Cynthia Stokes Brown, Craig Benjamin, *Big History: Between Nothing and Everything* (New York: McGraw Hill, 2014), 28.
37. Tyler Volk, *Quarks to Culture: How We Came to Be* (New York: Columbia University Press, 2017), 46.
38. B. D. Metzger et al, "Electromagnetic Counterparts of Compact Object Mergers Powered by the Radioactive Decay of r-process Nuclei," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (27 April 2010), 1-15.

39. The highest neutron-star rotation so far observed is 716 times per second.
40. Nigel Calder, *The Key to the Universe: A Report on the New Physics* (New York: Viking, 1977), 199.
41. B. P. Abbott, et al., "On the Progenitor of Binary Neutron Star Merger GW 170817," *The Astrophysical Journal Letters*, Vol. 850: Letter 40 (1 December 2017), 1-18.
42. Iair Arcavi *et al.*, "Optical Emission from a Kilonova Following a Gravitational-wave-detected Neutron-star Merger," *Nature* 551 (16 October 2017), 1-24.
43. B²FH, 587.
44. Daniel Kasen *et al.*, "Origin of the Heavy Elements in Binary Neutron-star Mergers from a Gravitational-wave Event," *Nature* 551 (2 November 2017), 80-84.
45. Robert Sanders, "Astronomers Strike Cosmic Gold," *Berkeley News* (16 October 2017), 1-10; Adrian Cho, "An Earthly Search for Gold's Cosmic Origins," *Science*, Vol. 358, Issue 6366 (24 November 2017), 981-982.
46. Joseph Silk, *A Short History of the Universe* (New York: Scientific American Library, 1994), 217-218.
47. Thomas Berry, "The New Story," *The Dream of the Universe* (San Francisco: Sierra Club Books, 1988), 123-137.

Сингулярность XXI века в контексте Большой истории: математический анализ¹

А. В. Коротаев

Евразийский центр Большой истории и системного
прогнозирования Института востоковедения РАН,
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Факультет глобальных МГУ им. М. В. Ломоносова

Correspondence | А. В. Коротаев, akorotayev@gmail.com

Citation | Коротаев, А. В. (2018) Сингулярность XXI века в контексте Большой истории: математический анализ. *Journal of Big History*, II(3); 17 - 71.

DOI | <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v2i3.2310>

Аннотация.

Представление о том, что в ближайшее время нас ждет некая «Сингулярность», стало в последнее время достаточно популярным, прежде всего благодаря деятельности технического директора Google в области технического обучения Рэймонда Курцвейла и его книге *The Singularity Is Near* (2005). Показано, что математический анализ приводимого им ряда событий, начинающегося с возникновения нашей Галактики и заканчивающегося расшифровкой кода ДНК, действительно практически идеально описывается (неизвестной самому Курцвейлу) крайне простой математической функцией с сингулярностью в районе 2029 г. Показано также, что составленный в начале 2000-х (совершенно независимо от Курцвейла) российским физиком А. Д. Пановым аналогичный временной ряд (начинающийся с возникновения жизни на Земле и заканчивающийся информационной революцией) также практически идеально описывается (не использованной А. Д. Пановым) математической функцией (крайне сходной с вышеупомянутой) с сингулярностью в районе 2027 г. Показано, что эта функция также чрезвычайно сходна с уравнением, открытым в 1960 г. Х. фон Ферстером, показавшим в своей знаменитой статье в журнале *Science*, что она практически идеально описывает динамику численности населения и характеризуется математической сингулярностью в районе 2027 г. Все это говорит о наличии достаточно строгих глобальных макроэволюционных закономерностей, которые могут удивительно точно описываться крайне простыми математическими функциями. Вместе с тем продемонстрировано, что в районе точки сингулярности нет основания вслед за Курцвейлом ожидать невиданного (на много порядков) ускорения темпов технологического развития; имеются большие основания интерпретировать эту точку как индикатор зоны перегиба, после прохождения которой темпы глобальной эволюции будут систематически в долгосрочной перспективе замедляться.

Введение

Вопрос о «сингулярности» глобальной (или даже Большой) истории обсуждается в последнее время очень активно (см., например: Назаретян 2013, 2014, 2015а, 2015б; Eden et al. 2012; Shanahan 2015; Callaghan 2017; Nazaretyan 2015, 2016, 2017, 2018).

Этот вопрос был сделан особенно популярным благодаря усилиям Р. Курцвейла, технического директора в области машинного обучения и обработки естественного языка компании Google, и в особенности благодаря его книге *The Singularity Is Near* (2005), но также и через

1. Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-06-

00464).

создание им Университета Сингулярности (2009), активную PR-кампанию и т.п. В сфере Большой истории² внимание к проблеме Сингулярности было привлечено благодаря деятельности таких специалистов в этой области, как А. П. Назаретян (2005, 2009, 2013, 2014, 2015а, 2015б; Балашова и др. 2017; Nazaretyan 2005, 2015, 2016, 2017, 2018), А. Д. Панов (2004, 2005, 2006, 2008; Panov 2005, 2011, 2017) и Г. Д. Снукс (Snooks 2005). В перспективе Большой истории «гипотеза Сингулярности» может представлять определенный интерес, так как она вроде предлагает «научно обоснованную» датировку «Девятой пороговой вехи Большой истории» (*Big History Threshold 9*).³ Однако попробуем прежде всего разобраться, могут ли математические расчеты даты Сингулярности нам действительно помочь выявить дату наступления очередной пороговой вехи Большой истории.

Временной ряда Курцвейла – Модиса и математическая сингулярность

Р. Курцвейл одним из первых расположил главные макроэволюционные сдвиги значительной части Большой истории вдоль гиперболической кривой, которая может быть описана уравнением с математической сингулярностью.⁴ Например,

2 Напомним, что по определению Международной ассоциации Большой истории, суть Большой истории заключается в «стремлении понять интегрированную историю Космоса, Земли, Жизни и Человечества с использованием надежных эмпирических данных и научных методов» (Big History seeks to understand the integrated history of the Cosmos, Earth, Life, and Humanity, using the best available empirical evidence and scholarly methods – <https://bighistory.org/>).

3 О понятии «пороговых вех Большой истории» (Big History Thresholds) см.: Christian 2008. Стоит, видимо, пояснить, что в качестве 5-й пороговой вехи Большой истории Д. Кристиан рассматривает возникновение жизни, 6-й – антропогенез и возникновение «коллективного обучения» (collective learning), 7-й – неолитическую революцию, а 8-й – глобальную модернизацию последних веков, особенно активно протекшую в XIX–XX вв. (Modern Revolution).

4 Причины того, почему мы называем этот временной ряд «рядом Курцвейла – Модиса» станут понятны несколько ниже.

на с. 18 своего бестселлера *The Singularity is Near* (Kurzweil 2005) он приводит следующую диаграмму (см. Рис. 1)⁵.

Однако, как это ни удивительно, Курцвейл, по-видимому, не заметил, что кривая, представленная на этом рисунке, является гиперболической, и что она описывается уравнением, имеющим самую настоящую математическую сингулярность (более того значение этой сингулярности, 2029 год, не так далеко от того, что предсказывается самим Курцвейлом). Это объясняется, прежде всего, некоторыми математическими неточностями, характерными для технического директора Google (достаточно упомянуть, что он упорно называет глобальный паттерн ускорения эволюции «экспоненциальным», не обращая внимания на то, что экспоненциальная функция не имеет какой-либо сингулярности).

В свете этого не может не вызвать некоторого удивления то обстоятельство, что сам Курцвейл знает о понятии математической сингулярности и более или менее точно описывает его. Действительно, на страницах 22-23 своего бестселлера он дает довольно точное описание понятия «математическая сингулярность»:

“ *Singularity* - это английское слово, означающее уникальное в своем роде событие с крайне особенными последствиями. Это слово используется математиками для обозначения значения, которое превосходит любое конечное ограничение, такое как взрывообразный рост величины, который возникает при делении константы на переменную, значение которой все больше приближается к нулю. Такая

5 Собственно говоря, прототип этого графика (но в двойной логарифмической шкале) можно найти на с. 5 в опубликованном Р. Курцвейлом в 2001 году эссе “Закон возрастающей отдачи» (Kurzweil 2001: 5).

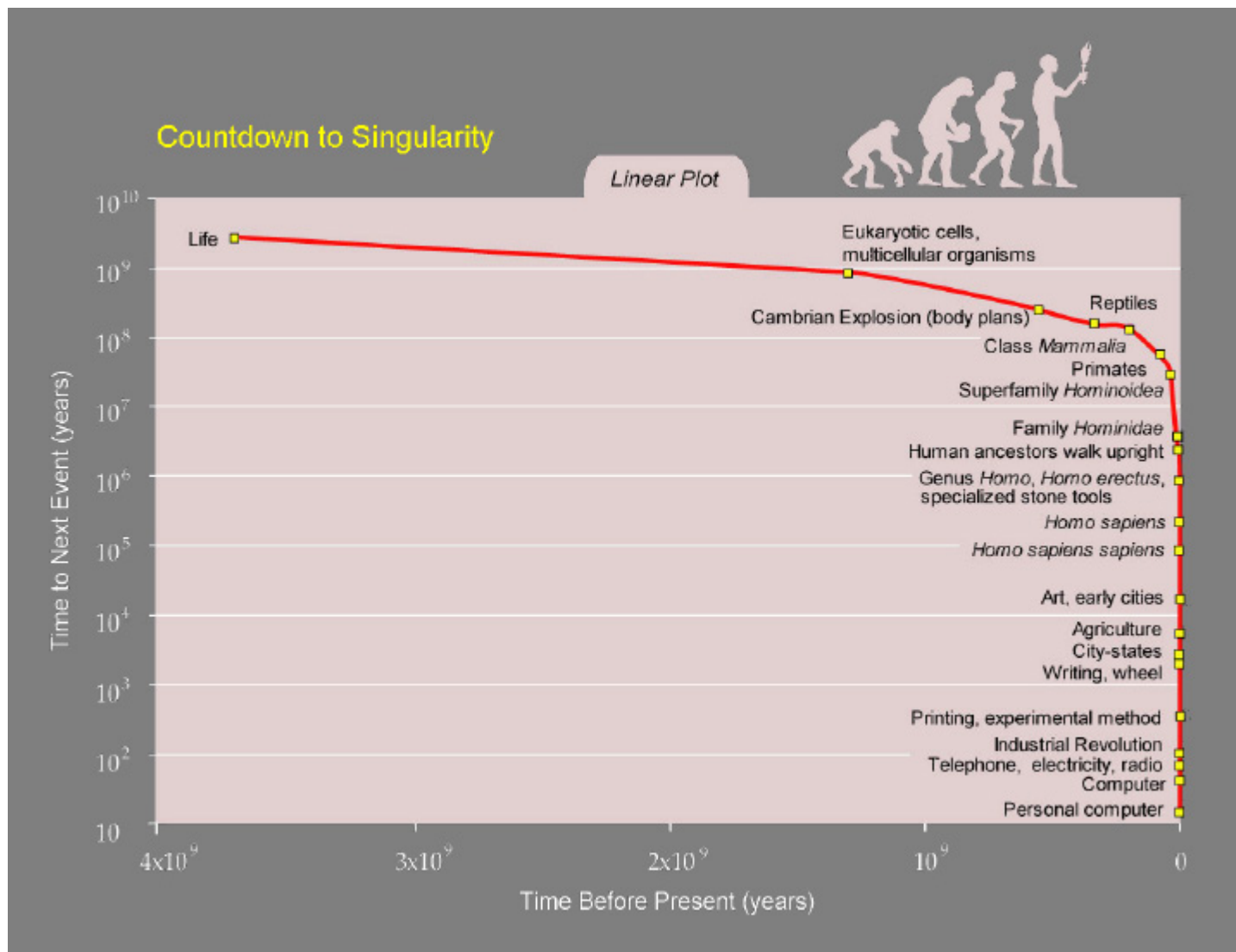


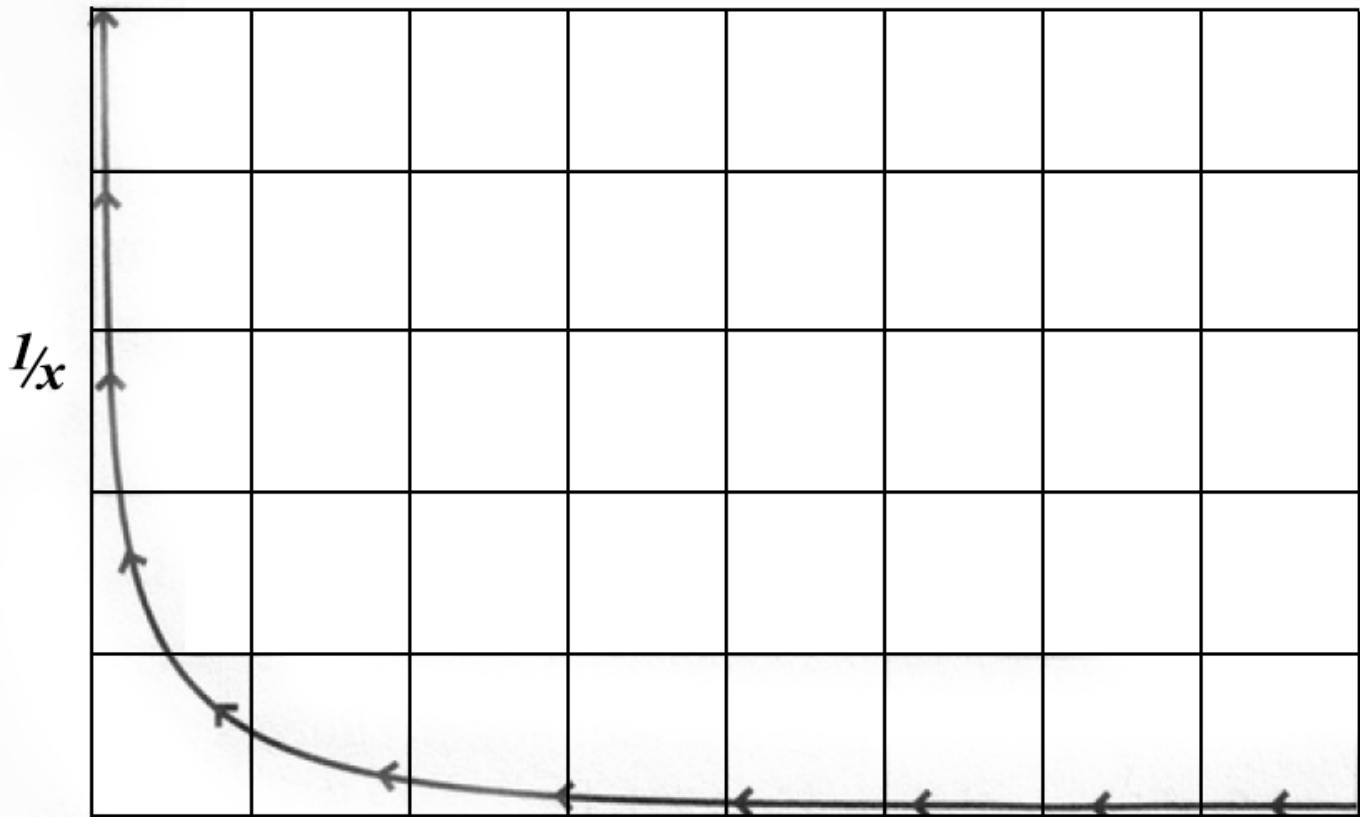
Рис 1. “Обратный отсчет времени до Сингулярности” согласно Р. Курцвейлу
 Источник: Kurzweil 2005: 18.

математическая функция никогда не достигает бесконечного значения, так как деление на ноль математически «неопределено» (это невозможно вычислить). Но значение y превосходит любой возможный конечный предел (приближается к бесконечности), когда знаменатель x стремится к нулю” (р. 22–23).

Более того, на с. 23 он сопровождает свое описание понятия «математическая сингулярность» вполне адекватным иллюстрирующим графиком (см. Рис. 2).

Однако, представив достаточно адекватное описание понятия «математическая сингулярность», Курцвейл, похоже, теряет интерес к этому понятию – внезапно переключаясь на использование термина «сингулярность»

A Mathematical Singularity *Linear Plot*



A mathematical singularity: As x approaches zero (from right to left), $1/x$ (or y) approaches infinity.

Рис. 2. Пример математической сингулярности (в натуральном масштабе)
Источник: Kurzweil 2005: 23.

астрофизиками (р. 23).

Одна из загадочных вещей в книге Курцвейла заключается в том, что он, похоже, не заметил, что форма гиперболической кривой на его графике «Математическая сингулярность» (стр. 23 книги Курцвейла, см. Рис. 2 выше) принципиально идентична (хотя, конечно, повернута на 180 градусов) с формой кривой на его графике «Обратный отсчет времени до Сингулярности» (стр. 18 той же книги, см. выше Рис. 1). Более того, как мы увидим ниже,

математическая модель, обеспечивающая наилучшую аппроксимацию кривой типа той, что изображена на Рис. 1, в основном идентична гиперболической функции, показанной на Рис 2, т.е. $y = k / x$. Таким образом, если бы Курцвейл сделал простой математический анализ временного ряда на своем Рис. 1, он бы нашел, что его лучше всего описывает математическое уравнение того самого типа, что он изображает на своем Рис. 2 (с той очень небольшой разницей что у нас в числителе уравнения оказалось бы «2», а не

«1»)⁶. Более того, он обнаружил бы, что значение математической сингулярности уравнения, лучше всего описывающего кривую на графике «Обратный отсчет времени до Сингулярности» Курцвейла (см. выше Рис. 1), соответствует 2029 году, что не так сильно отличается от 2045 года, предложенного им в его книге, и что просто идентично с датой, предложенной Курцвейлом совсем недавно (см. Ranj 2016)⁷.

Преобразование Панова

Между тем, то, что не было сделано Р. Курцвейлом в 2005 году, было сделано в 2003 году А. Д. Пановым⁸. Панов проанализировал достаточно похожий временной ряд (построенный, впрочем, на совершенно других источниках) и пришел к очень похожим выводам, но в гораздо более продвинутой форме. Очень важно, что он совершил шаг (к которому Курцвейл был очень близок, но который он фактически не сделал), который позволил Панову сделать анализ рассматриваемого временного ряда гораздо более прозрачным, благодаря чему он смог точно

6 А при несколько ином расчете, чем тот что мы применим ниже, в знаменателе этого уравнения окажется число, слабо отличающееся от «1» или даже просто равное «1» (см. Приложение 2).

7 Точнее, это дата, когда, согласно последнему прогнозу Курцвейла, люди станут бессмертными, что вполне можно рассматриваться как своего рода сингулярность (а также в качестве довольно вероятного кандидата на Девятую пороговую веху Большой истории) – даже если мы действительно имеем дело с радикальным увеличением ожидаемой продолжительности жизни человека (или постчеловека?), а не с бессмертием как таковым, поскольку это все равно будет означать изменение биологической природы людей, что не может не повлиять на ход человеческой истории самым драматичным образом.

8 Его описанные ниже расчеты были впервые представлены в ноябре 2003 года на Академическом семинаре Государственного астрономического института в Москве (Nazaretyan 2005: 69) и впоследствии опубликованы в его статьях (Панов 2004, 2005, 2006; Panov 2005, 2011, 2017) и монографии (Панов 2008: 19–40).

рассчитать дату сингулярности.

В своей книге 2005 года Курцвейл отложил по оси ординат своих диаграмм «время для следующего события», что, на мой взгляд, существенно затруднило их интерпретацию. С другой стороны, в своем эссе 2001 года на стр. 5 при анализе диаграммы с аналогичным временным рядом (источник которого, кстати, не был указан) Курцвейл начал говорить об ускорении «скорости сдвига парадигм» (*paradigm shift rate*) (Kurzweil 2001: 5), но (что довольно типично для Главного инженера Google) почти сразу же переключился на другую тему. Вместе с тем то, что было необходимо для того, чтобы сделать его диаграммы гораздо более понятными, заключалось в том, чтобы отложить по оси ординат не «время до следующего события», а именно «скорость сдвига парадигм», как это сделал Панов. Действительно, чтобы преобразовать время до следующего «парадигмального сдвига» в скорость сдвига парадигм, нужно было сделать довольно простую вещь: взять один год и разделить его на время до следующего сдвига парадигм; в результате, мы получим число парадигмальных сдвигов в год, то есть именно «скорость сдвига парадигм». Как мы уже говорили, это не было сделано Курцвейлом, но было сделано Пановым, получившим в результате следующие графики (см. Рис.3).

График 3а рисунка 3 описывает ускорение глобальной скорости макроэволюции начиная с 4 миллиардов лет до настоящего времени, тогда как левый график (3b) описывает это для человеческой части Большой Истории. Заметим сразу, что кривая 3а Панова является зеркальным отображением графика «Обратный отсчет времени до сингулярности» Курцвейла (см. Рис. 4).

Однако математическая интерпретация графика Панова намного проще и нагляднее. Заметим, что сам Панов обозначал переменную, нанесенную по оси ординат его графиков как «Частоту

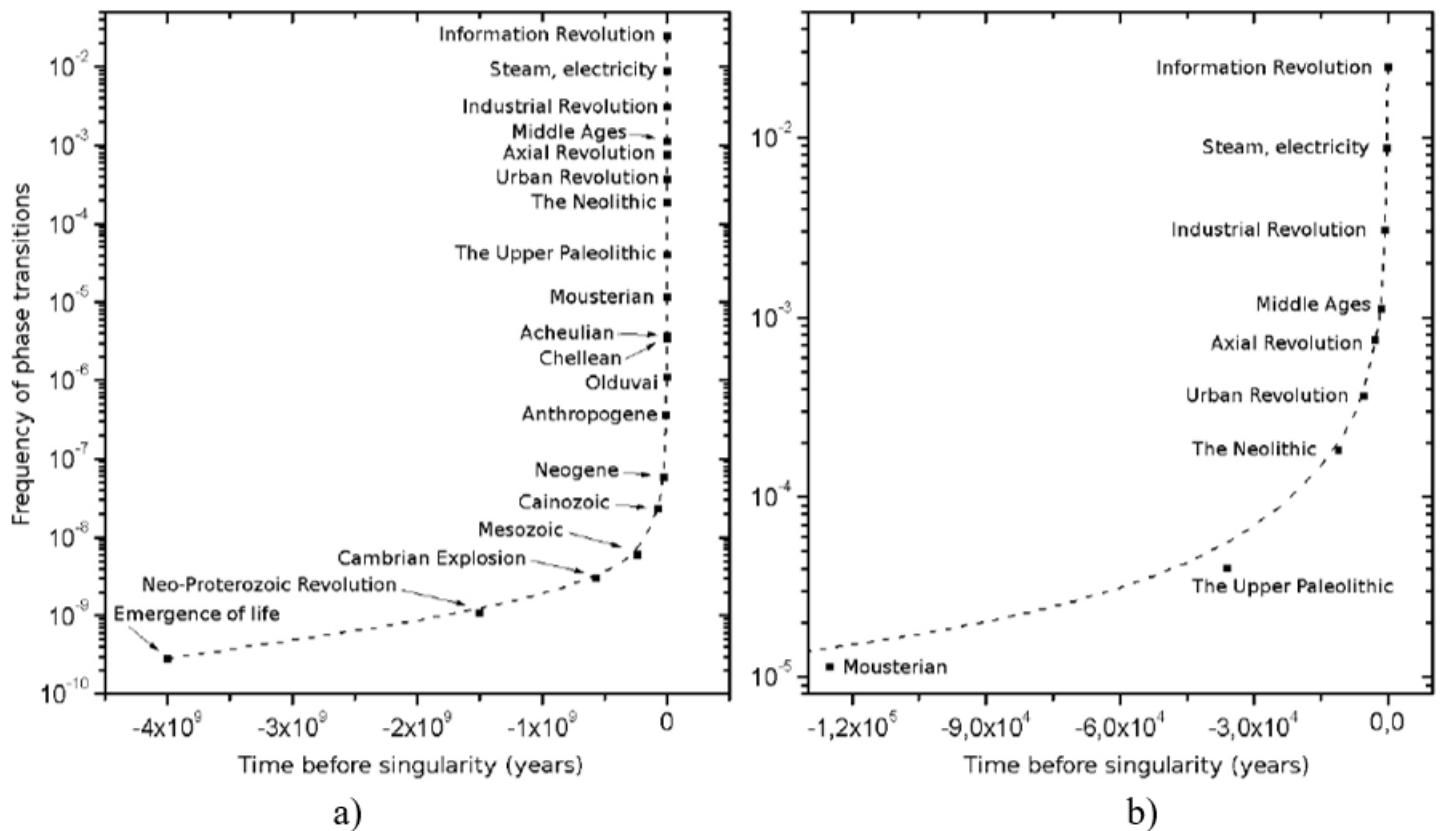


Рис. 3. Динамика скорости глобального макроэволюционного развития согласно Панову (источник: Назаретян 2015: 760, Рис. 3).

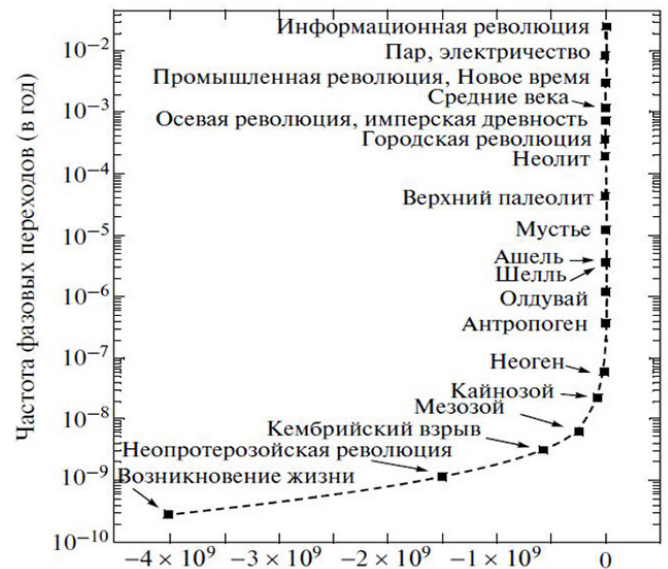
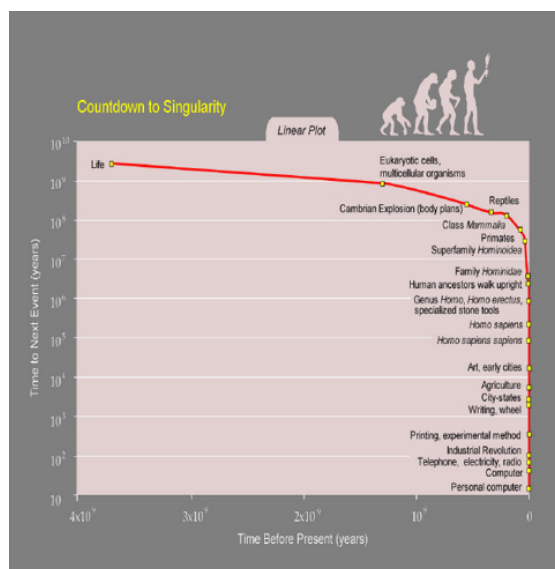


Рис. 4. Сравнение между «Счетом времени до сингулярности» Р. Курцвейла и графическим изображением А. Д. Пановым динамики «частоты глобальных фазовых переходов» (= глобальной скорости макроэволюционного развития)

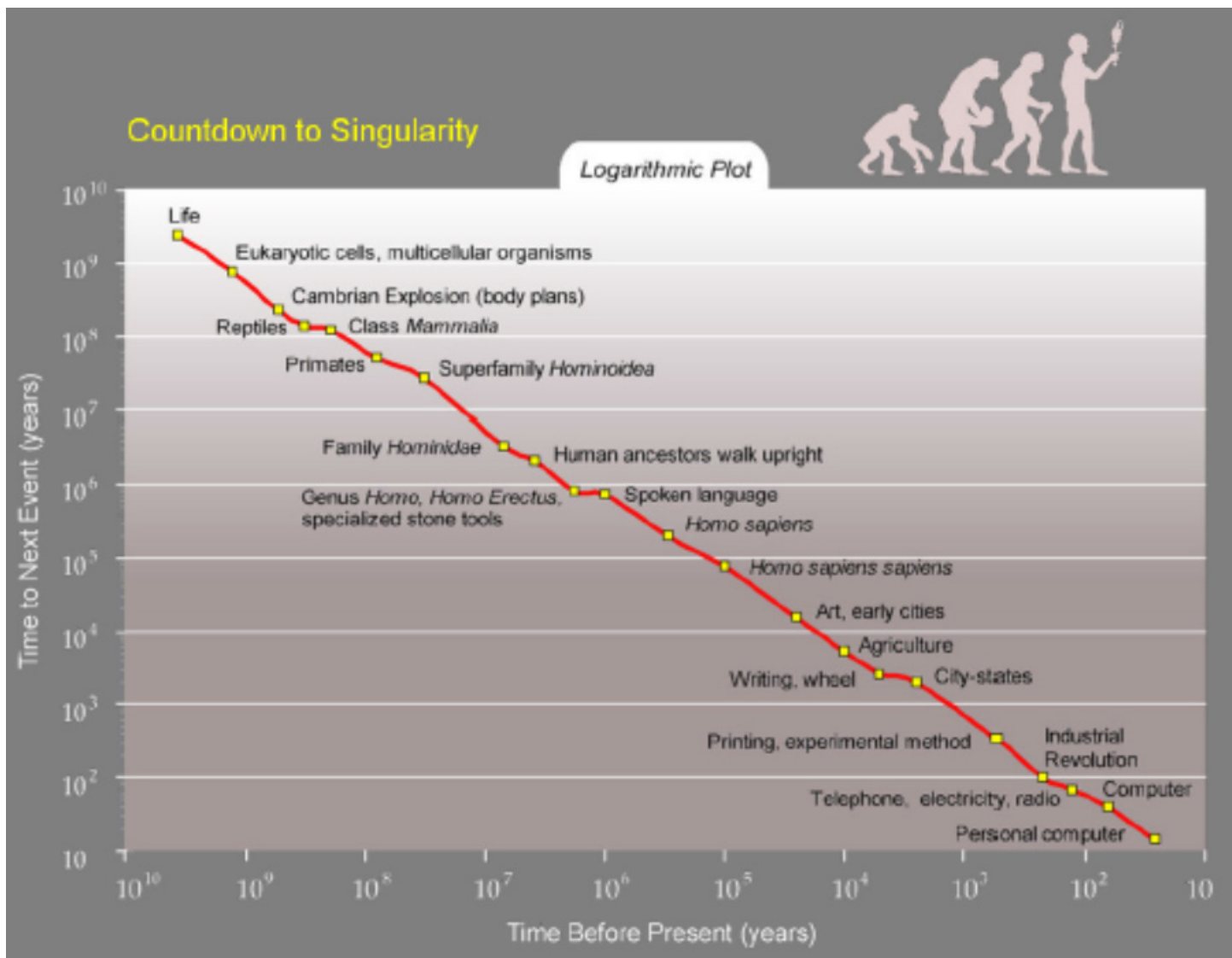


Рис. 5. Первая версия курцвейлского графика «Обратный отсчет времени до Сингулярности» в двойной логарифмической шкале. Источник: Kurzweil 2005: 17.

фазовых переходов в год». Однако совершенно очевидно, что «фазовый переход» Панова является синонимом «сдвига парадигм» Курцвейла, тогда как «частота фазовых переходов в год» описывает именно «скорость парадигмальных сдвигов» или темпы глобального макроэволюционного развития/темпы роста глобальной сложности. Это преобразование значительно упрощает точное определение картины ускорения темпов глобального макроэволюционного развития.

Временной ряд Курцвейла – Модиса: формальный анализ

Ниже мы проведем математический анализ временного ряда Курцвейла – Модиса по линии, предложенной Пановым (хотя и с некоторыми нашими модификациями).

В дополнение к курцвейловскому графику «Обратный отсчет времени до Сингулярности» в одинарной логарифмической шкале представленной выше на Рис. 1, Курцвейл

публикует две другие версии этого графика в двойной логарифмической шкале (см. Рис. 5 и 6).

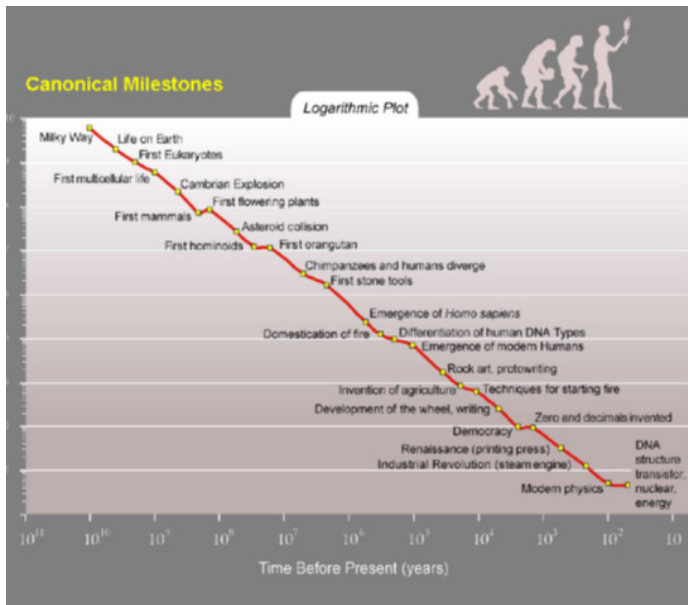


Рис. 6. Вторая версия курцвейлского графика «Обратный отсчет времени до Сингулярности» («Канонические вехи», *Canonical Milestones*) в двойной логарифмической шкале
Источник: Kurzweil 2005: 20.

Хотя временной ряд, представленный на рисунке 5, представляется мне несколько более обоснованным, чем тот, который представлен на рисунке 6, я решил проанализировать временной ряд на рисунке 6 по следующей причине. Дело в том, что источник данных для рис. 5 остается мне совершенно неясным; следовательно, я не вижу способа восстановить соответствующий временной ряд до тех деталей, которые необходимы для его формального математического анализа. Но таких проблем нет с источником данных для Рис. 6, поскольку Курцвейл указывает его совершенно четко. Это статья Теодора Модиса «Пределы сложности и изменения» (Modis 2003), подготовленная в свою очередь на основе его предыдущей статьи, опубликованной в известном научном журнале *Technological Forecasting and Social Change* (Modis 2002). К счастью, Модис

публикует все необходимые данные в своих статьях по своему временному ряду, что дает возможность его математически анализировать. Мы начнем наш анализ с вышеупомянутого преобразования, т.е. заменим «время до следующего события» на «интенсивность парадигмальных сдвигов» ~ «частоту фазовых переходов» ~ «скорость глобального макроэволюционного развития» ~ «скорость роста глобальной сложности». Результат выглядит следующим образом (см. Рис. 7⁹).

С использованием же той техники, которая была применена Р. Курцвейлом при построении своего графика «Обратный отсчет времени до Сингулярности» (см. выше Рис. 1), мы получим для анализируемого нами временного ряда следующий график (см. Рис. 8¹⁰).

На Рис. 9 легко увидеть, что один график является зеркальным отражением другого (см. Рис. 9).

Хорошо видно, что кривая на рис.7 (= рис. 9а) практически идентична с гиперболической кривой на рис. 2, иллюстрирующей математическую функцию с сингулярностью.

На следующем шаге отложим по оси абсцисс время до Сингулярности, а по оси ординат скорость глобальной макроэволюции (число фазовых переходов в единицу времени) и вычислим дату сингулярности, получив (методом наименьших квадратов) такую гиперболическую кривую, которая наиболее точно описывает анализируемый нами временной ряд. Результаты этого анализа представлены на Рис. 10 (как уже упоминалось выше, наш математический анализ определил дату сингулярности для этого временного ряда как 2029 г. н. э.). Ниже тот же самый график представлен в двойной логарифмической шкале (см. Рис. 11).

⁹ См. выше Рис. 6.

¹⁰ См. выше Рис. 6.

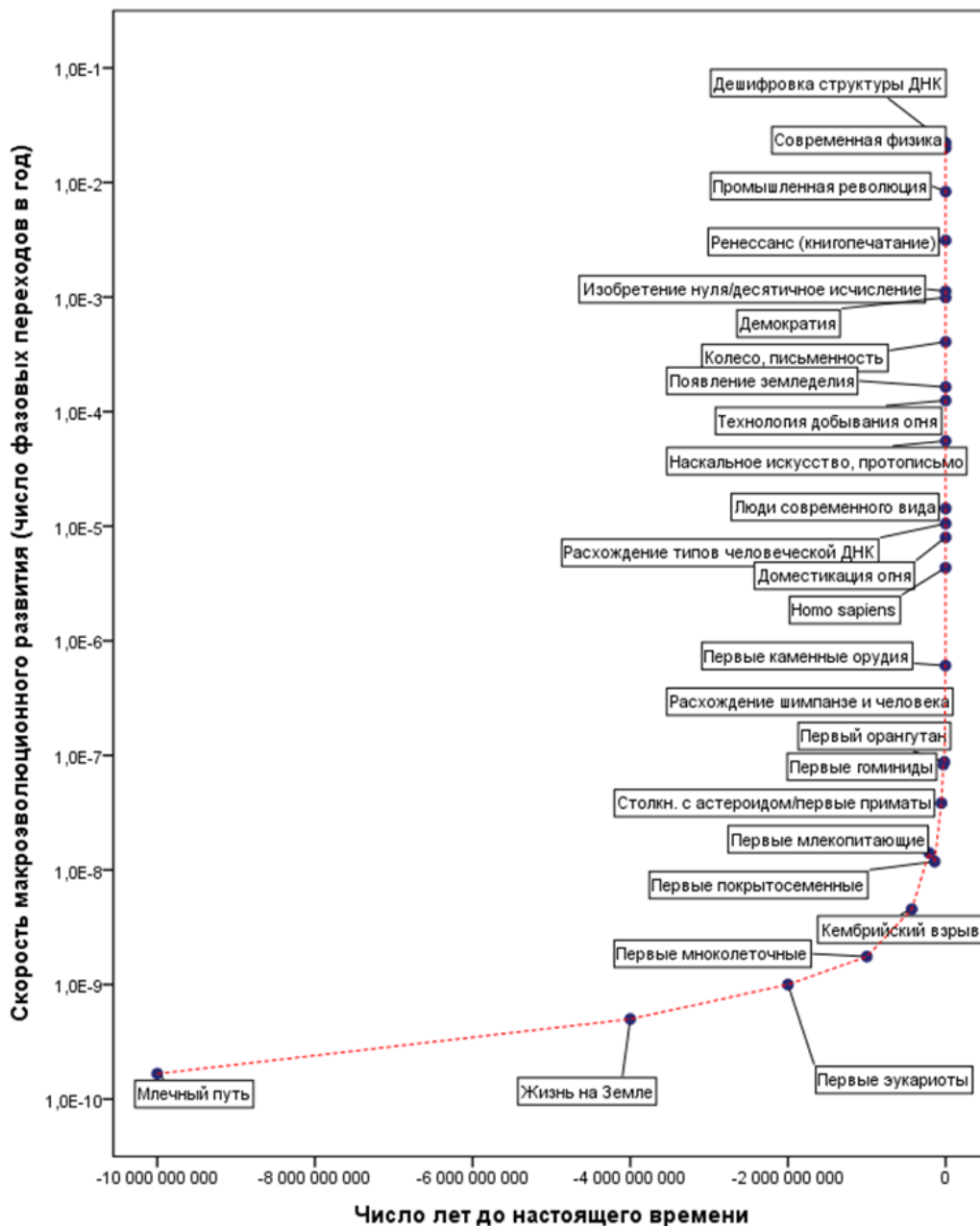


Рис. 7. График Курцвейла «Канонические вехи», трансформированный с использованием преобразования Панова (с логарифмической шкалой по оси ординат)

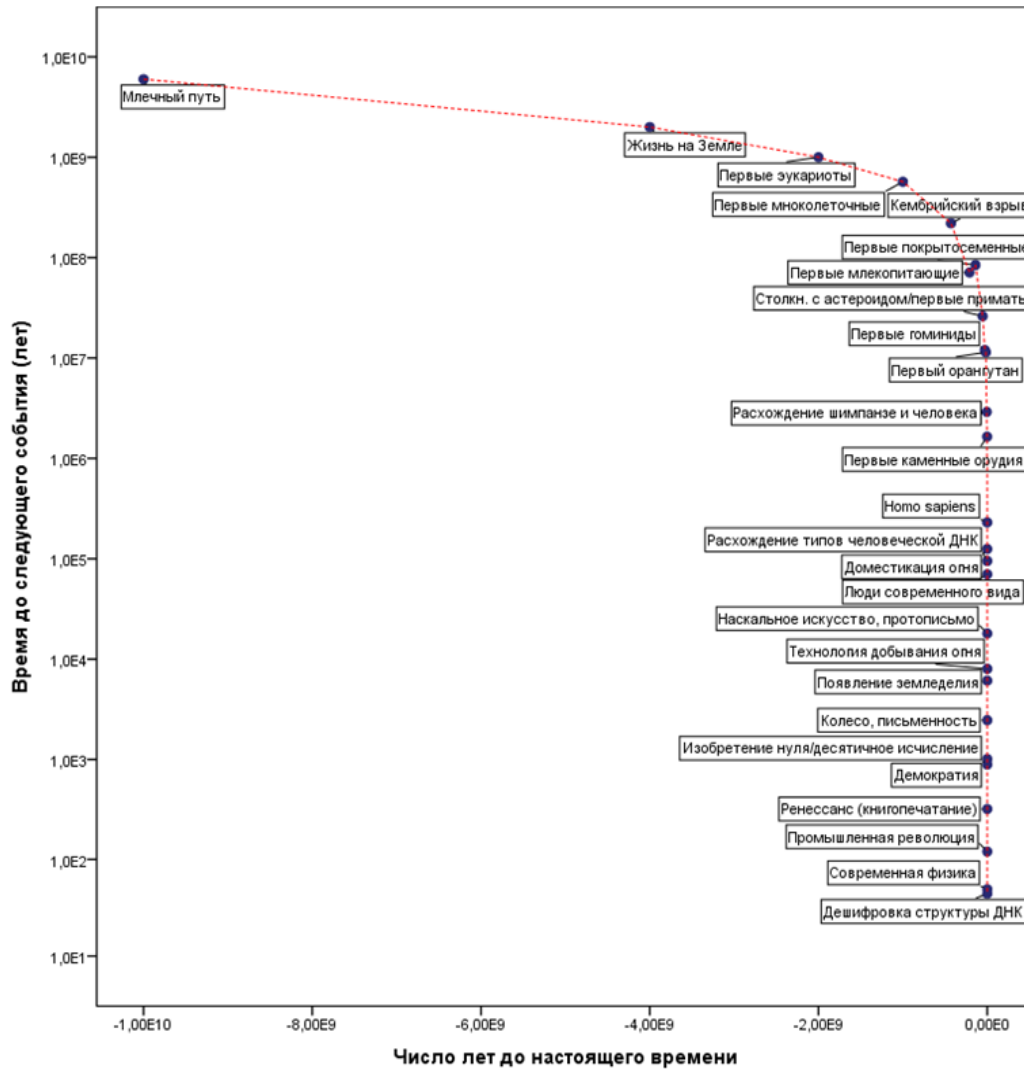


Рис. 8. Курцвейловский график «Канонические вехи» с логарифмической шкалой по оси ординат

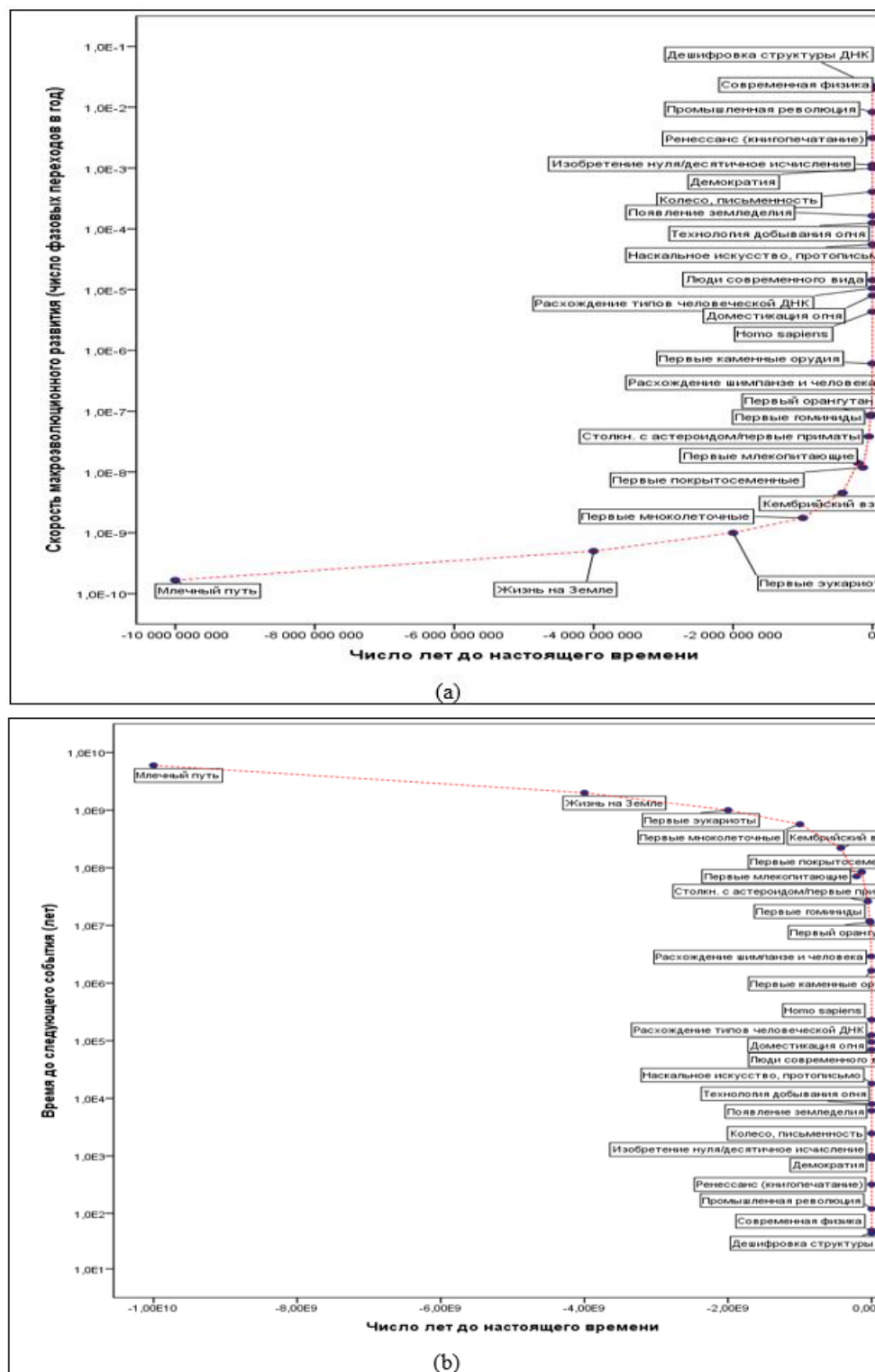


Рис. 9. График «по Панову» (а) является зеркальным отражением «курцвейловского» (b).

Теперь проанализируем полученные нами результаты. Как мы видим, временной ряд Модиса – Курцвейла с чрезвычайно высокой точностью описывается с помощью математической функции типа $y = k / x$, имеющей откровенно выраженную математическую сингулярность, которую Курцвейл вполне точно охарактеризовал на страницах 22–23 его книги – к удивлению, не обратив внимание на ее релевантность для математического описания временного ряда «Обратный отсчет времени до сингулярности», представленного им всего за несколько страниц до этого (стр. 17–20). Действительно, наша степенная регрессия для рассматриваемого нами курцвейловского временного ряда «Обратный отсчет времени до сингулярности» определила следующее наилучшее подходящее уравнение, описывающее этот временной ряд с почти идеальной точностью ($R^2 = 0.999(!)$).

$$y = \frac{2,054}{x}, \quad (1)$$

где y – это скорость роста глобальной сложности (число фазовых переходов за единицу времени), x – время до Сингулярности, а 2,054 и 1,003 – константы.

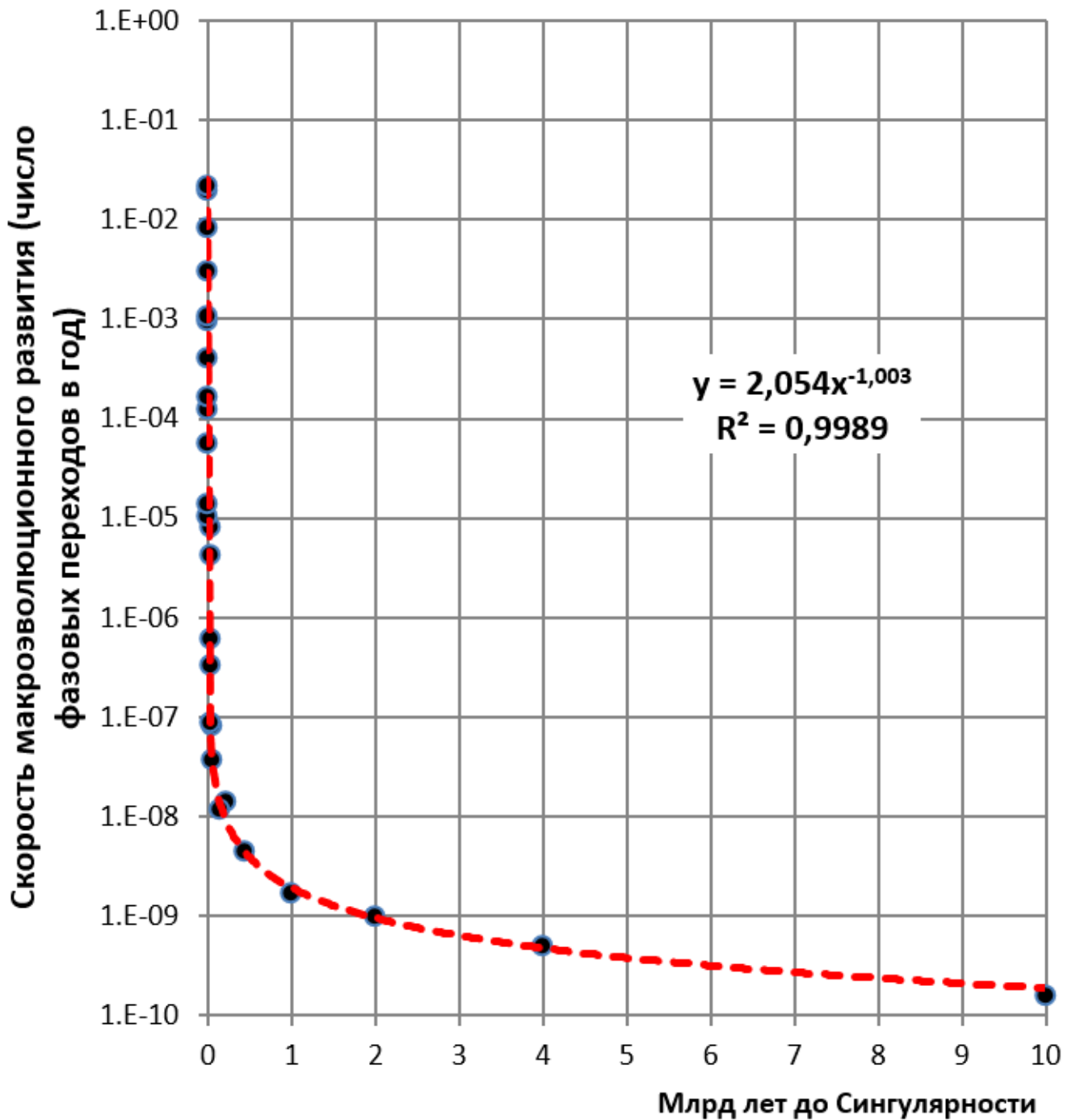


Рис. 10. Диаграмма рассеивания (с логарифмической шкалой по оси ординат) для точек фазовых переходов из списка Модиса – Курцвейла с добавленной линией степенной регрессии с датой Сингулярности, идентифицированной методом наименьших квадратов в районе 2029 г. н.э.

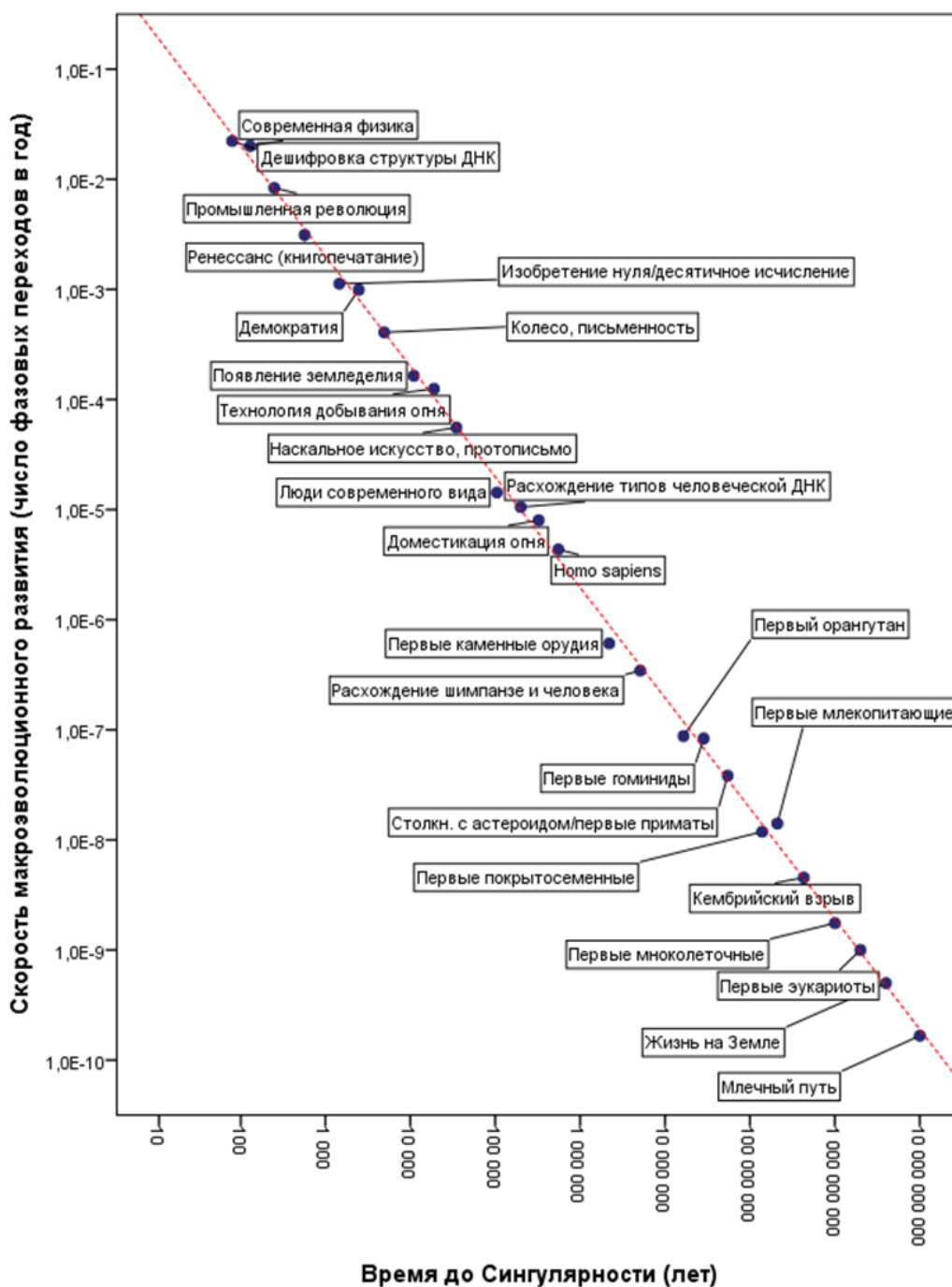


Рис. 11. Диаграмма рассеивания (в ДВОЙНОЙ логарифмической шкале) для точек фазовых переходов из списка Модиса – Курцвейла с наложенной линией степенной регрессии с датой Сингулярности, идентифицированной методом наименьших квадратов в районе 2029 г. н.э.

Отметим, что показатель степень знаменателя (1,003) лишь в пренебрежимо малой степени отличается от «1» (полностью в пределах погрешности); таким образом, имеются все основания использовать это уравнение в следующей упрощенной форме:

$$y = \frac{2,054}{x}, \quad (2)$$

где y – это скорость роста глобальной сложности (число фазовых переходов за единицу времени), x – время до Сингулярности, а 2,054 – константа.

Таким образом, оказывается, что временной ряд Модиса – Курцвейла может с удивительно высокой точностью математически описан при помощи той самой простой гиперболической функции,

которую Курцвейл представляет на страницах 22–23 своей книги – с той лишь разницей, что в знаменателе правой части этого уравнения находится 2 (а не 1)¹¹.

Экспоненциальная и гиперболическая формулы глобального ускорения

Особо стоит подчеркнуть, что проведенный нами анализ достаточно строго демонстрирует, что паттерн ускорения роста глобальной сложности, прослеживаемый во временном ряде Модиса – Курцвейла, является НЕ экспоненциальным (как это

¹¹ Или, точнее, 2,054. Вместе с тем отметим, что подсчеты А. А. Фомина (2018) показывают, что если при расчете при помощи данной модели в качестве t брать не момент начала периода по которому вычисляется производная, а его середину, то значение параметра в знаменателе оказывается ближе скорее к 1, чем к 2.

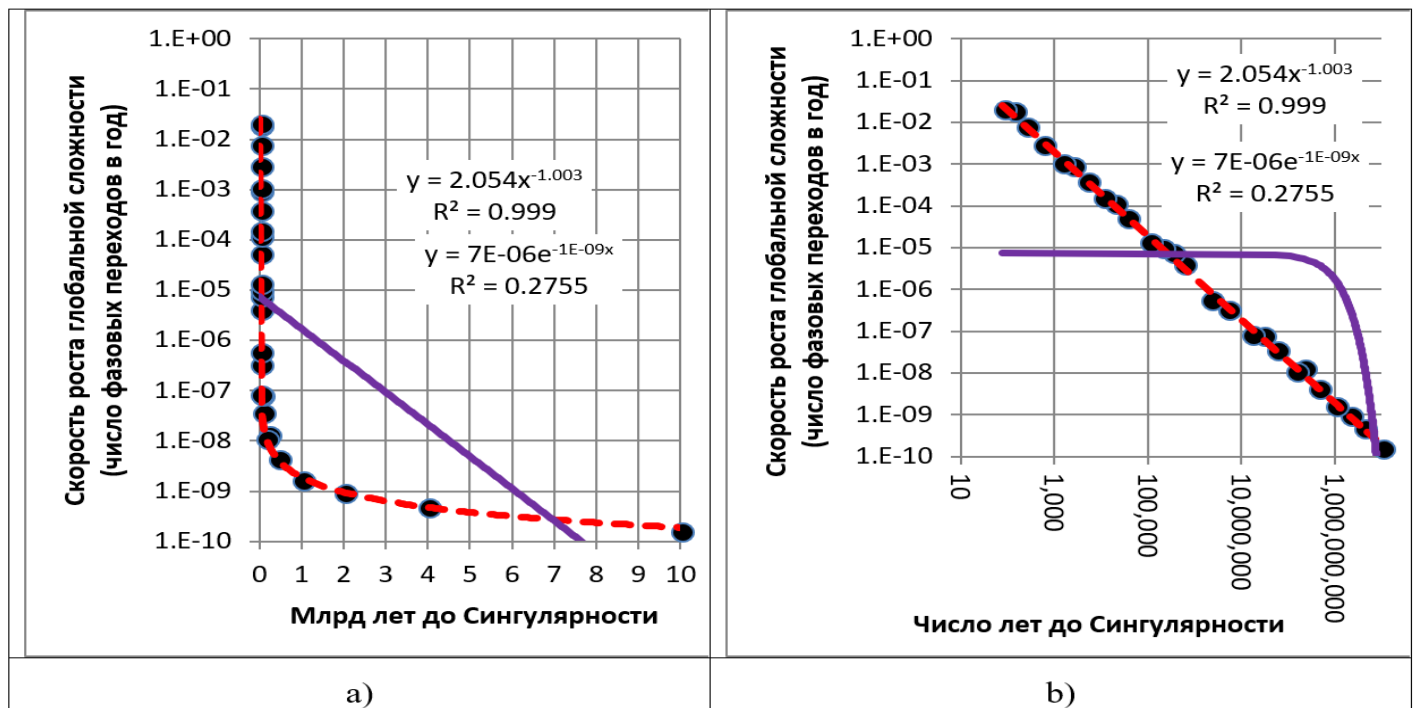


Рис. 12. Диаграмма рассеивания для точек фазовых переходов из списка Модиса – Курцвейла с наложенными линиями степенной/гиперболической и экспоненциальной регрессии: а) с логарифмической шкалой по оси ординат; б) в двойной логарифмической шкале. Сплошные регрессионные линии были сгенерированы экспоненциальной моделью, продемонстрировавшей (методом наименьших квадратов) наилучшее соответствие эмпирическим оценкам, пунктирные линии – гиперболическим уравнением.

утверждает Курцвейл), а гиперэкспоненциальным, или, если быть более точными, гиперболическим (см. Рис. 12).

Стоит вспомнить, что при использовании логарифмической шкалы по оси ординат экспоненциальная кривая выглядит как прямая линия (в то время как гиперболическая линия выглядит похожей на экспоненциальную кривую). С другой стороны, в двойной логарифмической шкале гиперболическая кривая выглядит как прямая линия, в то время как экспоненциальная кривая оказывается похожей на перевернутую экспоненциальную линию. Таким образом, Рис. 12 показывает, что Р. Курцвейл не вполне прав, когда утверждает, что глобальное макроэволюционное развитие ускорялось экспоненциально, демонстрируя, что это ускорение было отнюдь не экспоненциальным, а гиперболическим.

Формула ускорения глобального макроэволюционного развития по временному ряду Модиса – Курцвейла

Чтобы сделать рассматриваемую нами модель ускорения более понятной, имеет смысл произвести небольшое преобразование уравнения (2). Напомним, что это уравнение представляет собой немного упрощенную версию уравнения (1), использованного для генерирования гиперболических кривых на Рис. 12; и выглядит оно следующим образом:

$$y = \frac{2,054}{x}, \quad (2)$$

где y – это скорость глобального макроэволюционного развития / темпы роста глобальной сложности, x – это время до Сингулярности, а 2,054 – константа.

Конечно, x (время до Сингулярности) на момент времени t равняется $t^* - t$, где t^* это дата

Сингулярности. Таким образом,

$$x = t^* - t.$$

С учетом данного обстоятельства уравнение (2) может быть переписано следующим образом:

$$y_t = \frac{2,054}{t^* - t}, \quad (3)$$

где y – это скорость глобального макроэволюционного развития / темпы роста глобальной сложности на момент времени t , t^* – это дата Сингулярности, а 2,054 – константа.

Наконец, вспомним, что регрессионный анализ трансформированного временного ряда Модиса – Курцвейла с использованием метода наименьших квадратов позволил нам идентифицировать дату сингулярности как 2029 г. н.э. С учетом этого обстоятельства уравнение (3) может быть записано следующим образом:

$$y_t = \frac{2,054}{2029 - t}. \quad (4)$$

При этом, конечно, в общем виде эта модель имеет следующий вид:

$$y_t = \frac{C}{t^* - t}, \quad (5)$$

где C и t^* – константы.

Несмотря на небольшое упрощение (в виде округления показателя степени в знаменателе до 1), уравнение (4) генерирует такие кривые, которые демонстрируют чрезвычайно высокое ($R^2 = 0,999(!)$) соответствие эмпирическим оценкам паттерна гиперболического ускорения роста глобальной сложности (см. ниже Рис. 13–15).

Кривая, сгенерированная этим чрезвычайно простым уравнением, описывает неожиданно точным образом паттерн гиперболического ускорения темпов планетарного макроэволюционного развития на протяжении миллиардов лет (см. Рис. 13).

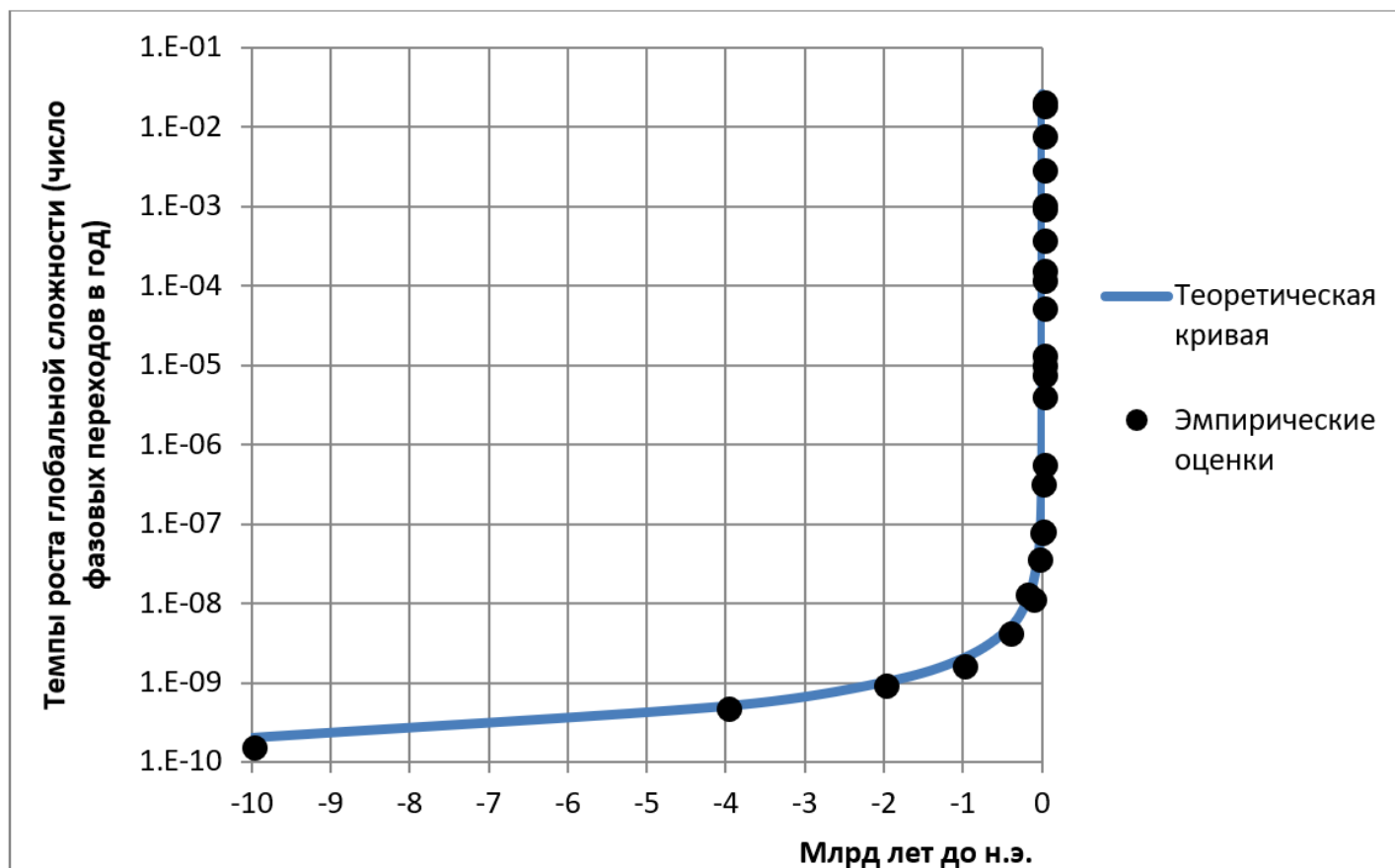


Рис. 13. Корреляция между эмпирическими оценками темпов роста глобальной сложности и теоретической кривой, сгенерированной гиперболическим уравнением $y_t = 2,054/(2029-t)$, 10 млрд до н.э. – 2000 г. н.э., с логарифмической шкалой по оси ординат

Однако если мы рассмотрим Рис. 13 «под увеличением» для того, чтобы лучше увидеть последние два миллиарда лет, мы увидим, что уравнение (4), несмотря на свою чрезвычайную простоту, оказывается способным чрезвычайно точно описать гиперболическое ускорение темпов планетарного макроэволюционного развития и в этом масштабе времени (см. Рис. 14).

Если мы попробуем рассмотреть «под увеличением» и этот график – чтобы увидеть более детально ускорение глобального макроэволюционного развития за последние сотни тысяч лет Большой истории (что соответствует доистории и истории человечества), мы увидим столь же удивительно точное соответствие

между гиперболической линией, генерируемой уравнением (4) и эмпирическими оценками темпов роста глобальной сложности (см. Рис. 15).

И, наконец, если мы сфокусируемся на последних тысячелетиях социальной фазы Большой истории, мы увидим, что и на этом участке то же самое уравнение описывает гиперболическое ускорение глобального макроэволюционного развития в высшей степени точно (см. Рис. 16).

Подчеркнем еще раз, что кривая, удивительно точно описывающая ускорение человеческой истории после 10 тыс. до н.э. (Рис. 16), и кривая, столь же точно описывающая ускорение планетарного макроэволюционного развития до появления

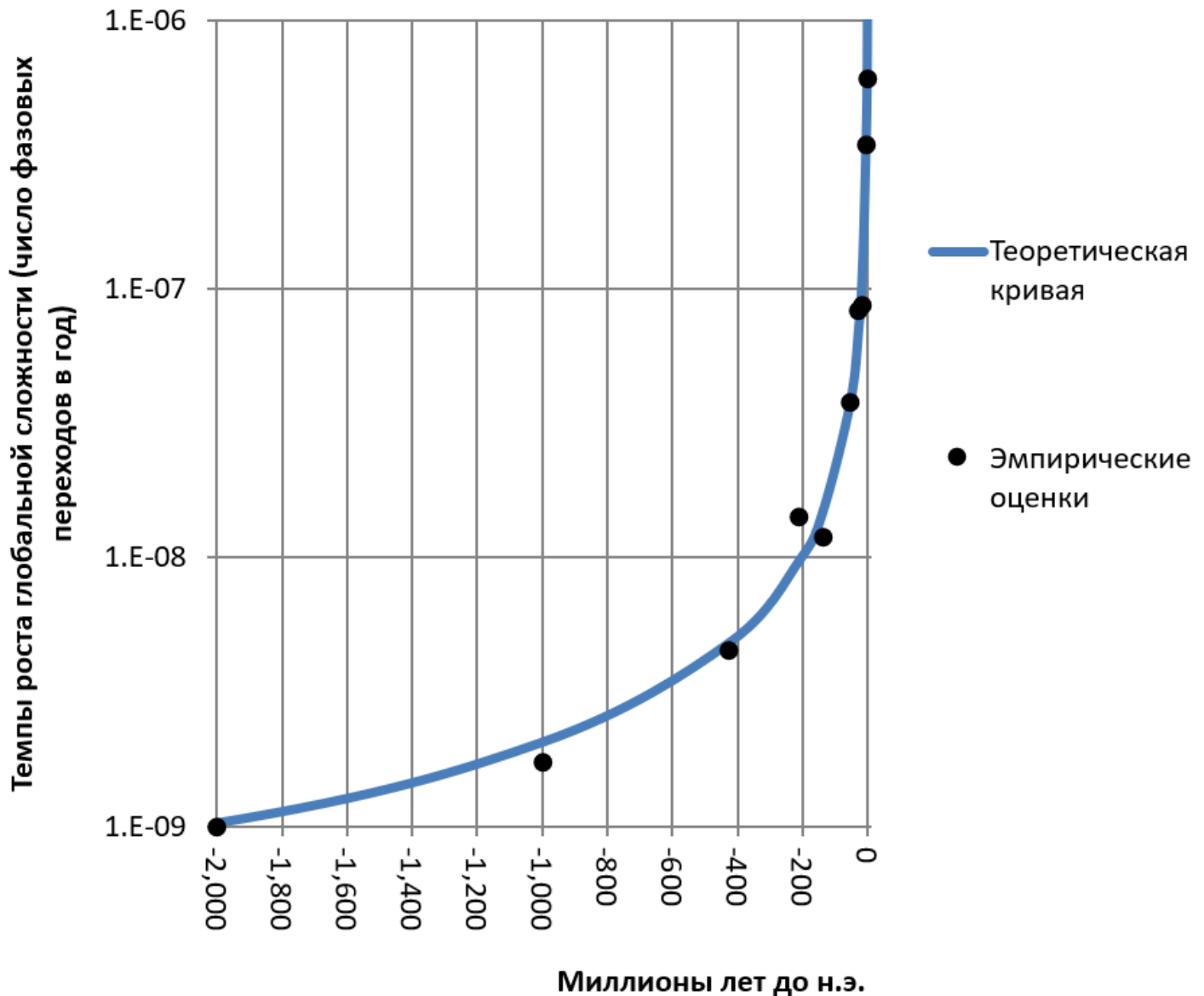


Рис. 14. Корреляция между эмпирическими оценками темпов роста глобальной сложности и теоретической кривой, сгенерированной гиперболическим уравнением $y_t = 2,054/(2029-t)$, 2 млрд до н.э. – 2 200 000 г. до н.э., с логарифмической шкалой по оси ординат

человека (Рис. 14), сгенерирована одним и тем же уравнением – простейшим уравнением (4).

Как мы видим, простое гиперболическое уравнение $y_t = 2.054/(2029-t)$ описывает наблюдавшееся до самого последнего времени ускорение темпов глобального макроэволюционного развития

удивительно точным образом для всех основных эр глобальной истории.

Собственного говоря, модель (4) имеет достаточно простой «физический смысл». Действительно, подсчитаем скорость глобального макроэволюционного развития примерно за

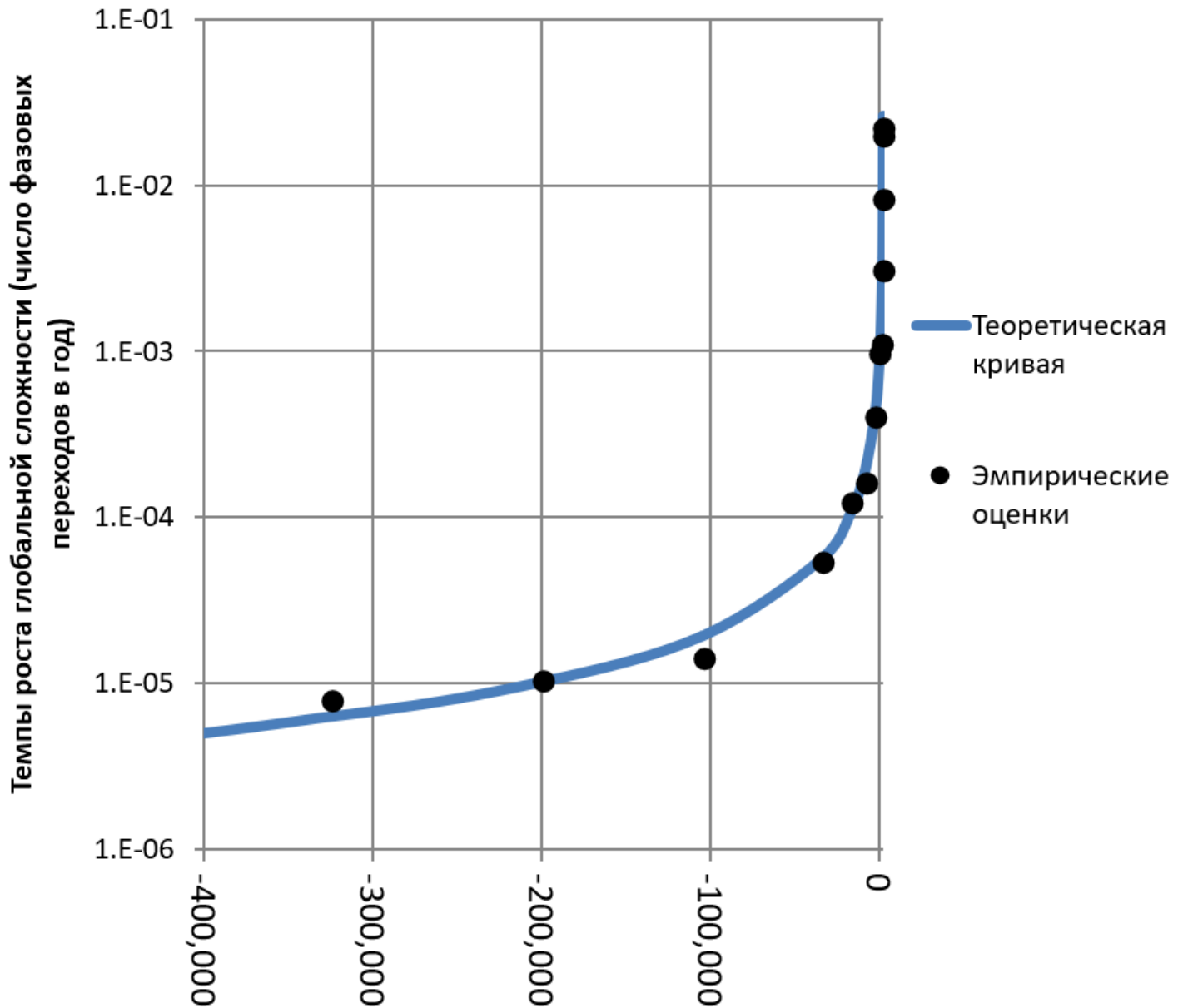


Рис. 15. Корреляция между эмпирическими оценками темпов роста глобальной сложности и теоретической кривой, сгенерированной гиперболическим уравнением $y_t = 2,054/(2029-t)$, 400 000 г. до н.э. – 2000 г. н.э., с логарифмической шкалой по оси ординат

200 лет до Сингулярности (т.е. около 1829 г.), пользуясь еще более упрощенным видом уравнения (4) ($y_t = 2/(2029 - t)$): $y_{1829} = 2/(2029-1829) = 2/200 = 1/100$. Мы таким образом получаем следующий результат: «около 1800 г. характерная скорость глобального макроэволюционного развития составляла порядка одного фазового перехода

(типа Промышленной революции) за 100 лет» – т.е. глобальное макроэволюционное развитие шло в масштабе веков.

Тот же самый подсчет для временной точки примерно за 2000 лет до Сингулярности (\approx до настоящего времени) – около 1 г. н.э., в районе

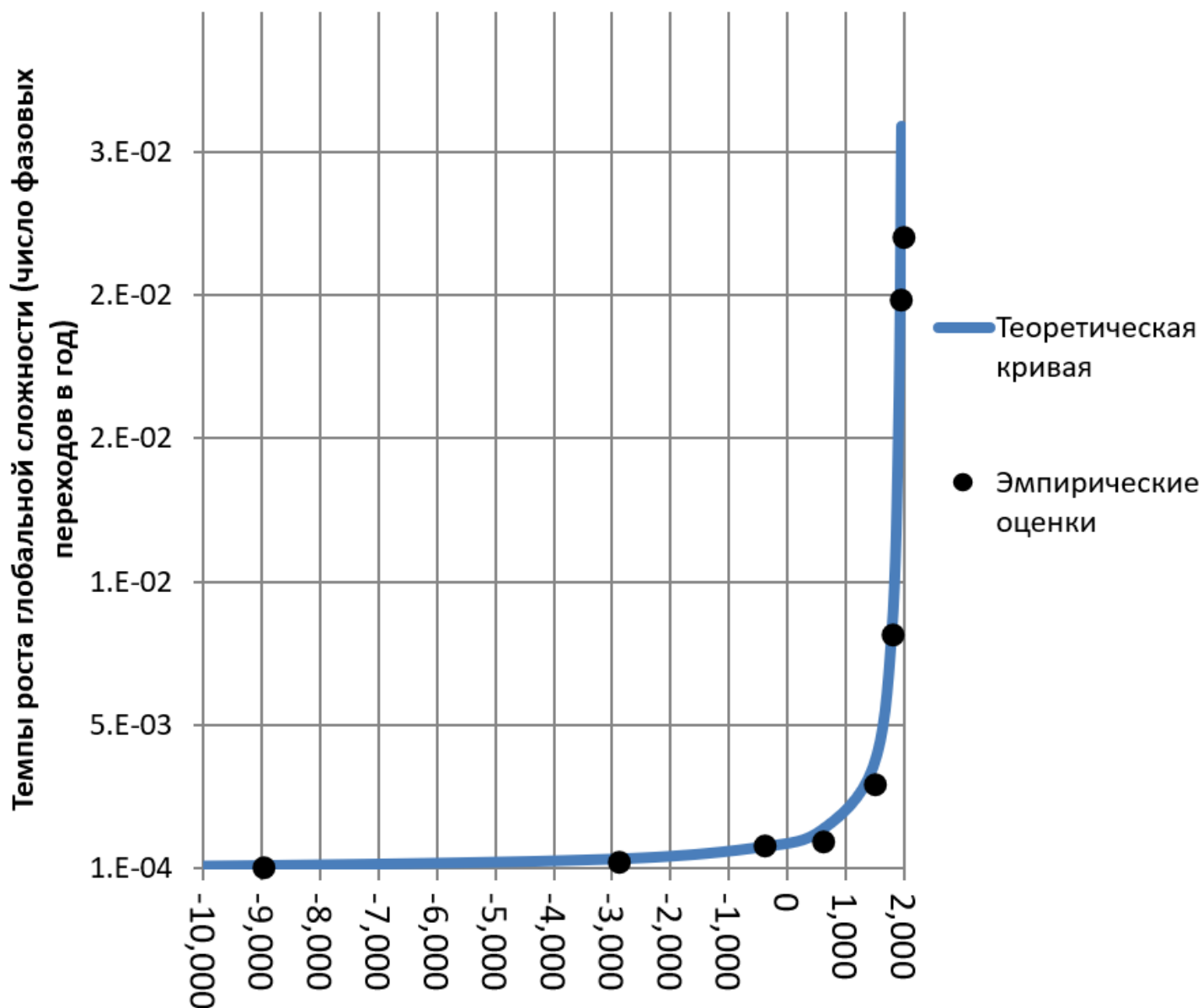


Рис. 16. Корреляция между эмпирическими оценками темпов роста глобальной сложности и теоретической кривой, сгенерированной гиперболическим уравнением $y_t = 2,054/(2029-t)$, 10 000 г. до н.э. – 2000 г. н.э., с натуральной шкалой по обеим осям

29 г. даст следующий результат: $y_{29} = 2/(2029-29) = 2/2000 = 1/1000$ – таким образом, в эту эпоху макроэволюционные фазовые переходы (типа фазового перехода Осевого времени) имели тенденцию происходить в масштабе один переход за тысячелетие, т.е. в масштабе тысячелетий. Таким образом, в районе 18 тыс. до н.э. мы обнаружим, что планетарное макроэволюционное развитие шло в масштабе десятков тысяч лет, около 200 тыс. лет до настоящего времени – в масштабе сотен тысяч лет (около одного фазового перехода за сто тысяч лет), около 2 млн лет назад – в масштабе миллионов лет, около 20 млн лет назад – в масштабе десятков миллионов лет, около 200 млн лет назад – в масштабе сотен миллионов лет, а около 2 млрд лет назад – в масштабе миллиардов лет (т.е., около одного планетарного макроэволюционного фазового перехода за миллиард лет). Другими словами, с каждым уменьшением времени до настоящего момента (\approx до «Сингулярности») на порядок (с 2 млрд лет назад до 200 млн лет назад, с 200 млн лет назад до 20 млн лет назад, с 20 млн лет назад до 2 млн лет назад, и т.д.) темпы глобального макроэволюционного развития (\sim темпы роста глобальной сложности) всякий раз увеличивались именно на порядок. И лично мне такой паттерн ускорения представляется очень похожим на реально наблюдавшийся. Здесь также стоит вспомнить, что алгебраическое уравнение типа

$$y_t = \frac{c}{t^* - t}, \quad (5)$$

может рассматриваться как решение следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{c}, \quad (6)$$

(см., например, Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a: 118–120).

Таким образом, формула ускорения,

подразумеваемая уравнением (4) может быть выражена следующим образом:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{2.054} \approx 0.5y^2. \quad (7)$$

Вербально общая формула ускорения планетарной макроэволюции, которая столь точно описывает ряд «скачков [в уровне] сложности»¹² Модиса – Курцвейла при помощи уравнений (4) / (5), может быть сформулирована следующим образом: “увеличение темпов макроэволюционного развития в a раз сопровождается увеличением скорости роста (т.е. ускорения) темпов макроэволюционного развития в a^2 раз; так, двукратное увеличение темпов макроэволюционного развития в тенденции сопровождается четырехкратным увеличением скорости роста (т.е. ускорения) темпов макроэволюционного развития; десятикратное увеличение темпов макроэволюционного развития в тенденции сопровождается стократным ускорением роста темпов макроэволюционного развития; и т.д. ...”.

Теперь используем ту же самую методику для формального анализа временного ряда глобальных макроэволюционных «фазовых переходов» / «биосферных революций», идентифицированного А. Д. Пановым (Панов 2004, 2005, 2006, 2008; 2005a, 2005b; Panov 2005, 2011, 2017).

Однако прежде, чем мы проведем этот анализ, представляется целесообразным разобрать несколько существенных моментов.

Временные ряды Т. Модиса – Р. Курцвейла и А. Д. Панова: внешний сравнительный анализ

Т. Модис и А. Д. Панов провели идентификацию своих временных рядов полностью независимо

¹² Именно так (не без некоторых оснований) называет Т. Модис (Modis 2002, 2003) то, что А. Д. Панов обозначает как «биосферные революции» или «фазовые переходы».

друг от друга. Как свидетельствует мое личное общение как с А. Д. Пановым, так и Т. Модисом, ни один из них даже не догадывался, что в практически то же самое время¹³ на другом конце Европы другой человек занимался идентификацией очень похожего временного ряда (А. Д. Панов работал и работает в Москве, а Т. Модис – в Женеве). Как мы увидим ниже, они опирались на совершенно различные источники; и неудивительно, что полученные ими временные ряды оказались совсем не идентичными.

Действительно, временной ряд Т. Модиса (Modis 2003), который стоит за курцвейловским графиком «Канонические вехи» (Kurzwel 2005: 20), выглядит следующим образом (мы воспроизводим его ниже в том виде, как он был опубликован Модисом в своем эссе в научно-популярном журнале *Futurist* (Modis 2003), так как именно на эту версию ряда опирался Р. Курцвейл при создании его графика и именно эта версия ряда была выше проанализирована математически; мы, однако, время от времени уточняем некоторые детали по более академическому описанию данного ряда из статьи Т. Модиса, опубликованной в 2002 г. в научном журнале *Technological Forecasting & Social Change* (Modis 2002)):

- (1) Возникновение Млечного пути, первые звезды – 10 млрд лет назад.¹⁴
- (2) Возникновение жизни на Земле, формирование Солнечной системы и Земли, древнейшие скалы – 4 млрд лет назад.
- (3) Появление эвкариотов, изобретение

13 Т. Модис впервые представил свои результаты в 2002 в своей статье в журнале *Technological Forecasting and Social Change* (эту статью А. Д. Панов прочитал только в марте 2018 года, после того, как она была послана мной Панову), в то время как еще в 2003 году Панов представил свои результаты в Москве на семинаре Государственного астрономического института.

14 Собственно говоря, Модис начинает с Большого взрыва, но Курцвейл вполне обоснованно предпочитает начать с формирования Млечного пути.

полового размножения (микроорганизмами), атмосферный кислород, древнейшие фотосинтезирующие растения, возникновение тектоники плит – 2 млрд лет назад.

- (4) Первые многоклеточные, губки, водоросли, протисты – 1 млрд лет назад.
- (5) Кембрийский взрыв/беспозвоночные/позвоночные, растения колонизируют сушу, первые деревья, рептилии, насекомые, амфибии – 430 млн лет назад.
- (6) Первые млекопитающие, первые птицы, первые динозавры – 210 млн лет назад.
- (7) Первые покрытосеменные, древнейшие остатки цветковых растений – 139 млн лет назад.
- (8) Первые приматы / столкновение с астероидом / mass extinction (including dinosaurs) – 54,6 млн лет назад.
- (9) Первые человекообразные обезьяны, первые гоминиды – 28,5 млн лет назад.
- (10) Первый орангутан, проконсул – 16,5 млн лет назад.
- (11) Расхождение предков шимпанзе и человека, самые ранние свидетельства прямохождения у гоминид – 5,1 млн лет назад.
- (12) Первые каменные орудия, *Homo erectus* – 2,2 млн лет назад.
- (13) Возникновение *Homo sapiens* – 555 000 лет назад.
- (14) Доместикация огня / *Homo heidelbergensis* – 325 000 лет назад.
- (15) Расхождение типов человеческой ДНК – 200 000 лет назад.
- (16) Люди современного вида / древнейшие погребения – 105 700 лет назад.
- (17) Наскальное искусство, протописьмо – 35 800 лет назад.
- (18) Технология добывания огня – 19200 years ago.
- (19) Появление земледелия – 11000 years ago¹⁵.

15 Более популярная версия презентации результатов Модиса (Modis 2003) содержит явную опечатку (указывая 19 200 лет назад как дату начала неолитической революции). Эта опечатка отсутствует в более академической версии презентации результатов Модиса (Modis 2002), на которую

- (20) Изобретение колеса / письмо / древние империи / большие цивилизации / Египет / Месопотамия – 4 907 лет назад.
- (21) Демократия/города-государства /древние греки/Будда [≈ Осевое время] – 2 437 лет назад.
- (22) Изобретение нуля и десятичного исчисления, падение Рима, исламские завоевания – 1 440 лет назад.
- (23) Ренессанс (книгопечатание) / открытие Нового Света / научный метод – 539 лет назад.
- (24) Промышленная революция (паровой двигатель)/политические революции (Франция, США) – 225 лет назад.
- (25) Современная физика / радио / электричество / автомобиль / аэроплан – 100 лет назад.
- (26) Дешифровка структуры ДНК / изобретение транзистора / ядерная энергия / II Мировая война / холодная война / Спутник – 50 лет назад.
- (27) Интернет / расшировка генома человека – 5 лет назад.

* Отметим, что сам Модис вполне ясно заявляет, что «настоящее время приравнивается здесь к 2000 г. н.э.» (Modis 2003: 31). Действительно, это имеет вне всякого сомнения смысл по отношению к «вехам» (24)–(27) из списка Модиса – Курцвейла. С другой стороны, имеются некоторые основания предполагать, что Модис начал составлять первые варианты своего списка за несколько лет до 2000 года и, по всей видимости, не привел в своей публикации 2003 года некоторые старые датировки «вех» в соответствие с новой условной датой «настоящего времени», установленной на точку 2000 г. н.э. Иначе трудно понять датировки им вех (20), (21) и (23).

Т. Модис (Modis 2002: 393–401) дает следующий список научных публикаций, на которые он опирался при идентификации своего временного ряда: Barrow, Silk 1980; Burenhult 1993; Heidmann 1989; Johanson, Edgar 1996; Sagan 1989; Schopf 1991¹⁶.

мы в данном случае и опираемся.

16 К этому он также добавляет стенд “Timeline of the Universe” Американского музея естественной истории

А. Д. Панов при идентификации своего временного ряда опирался на абсолютно другие публикации¹⁷ (см. Таблицу 1):

Как мы видим, нет ни одной публикации, на которую опирались бы одновременно и Т. Модис (Modis 2002, 2003), и А. Д. Панов (2004, 2005), когда они составляли свои списки «канонических вех / биосферных революций». Списки использованных ими источников различаются на 100%. Более того, они в основном опирались на источники, принадлежащие к разным научным традициям. Действительно, Модис опирался исключительно

(American Museum of Natural History, Central Park West at 79th Street, New York), *Encyclopedia Britannica* (без точных библиографических ссылок на конкретные статьи), “the web site of the Educational Resources in Astronomy and Planetary Science (ERAPS), University of Arizona” (без указания точного URL), “Private communication, Paul D. Boyer, Biochemist. Nobel Prize 1997. Dec 27, 2000” и “a timeline for major events in the history of life on earth as given by David R. Nelson, Department of Biochemistry at the University of Memphis, Tennessee” (<http://drnelson.utm.edu/evolution2.html>).

17 По крайней мере при составлении своего первого списка «фазовых переходов/биосферных революций» на русском языке (Панов 2004, 2005). Отметим, что при подготовке публикации своих результатов на английском языке Панов (Panov 2005) добавил к своей почти полностью русскоязычной библиографии 8 публикаций на английском языке (Begun 2003; Carrol 1988; Jones 1994; Nazaretian 2003; A.H. 1975; A.P. 1975; J.V.W. 1975; T.K. 1975) и 1 публикацию на немецком языке (Jaspers 1955). Нельзя полностью исключить того, что это могло как-то повлиять на датировку Пановым некоторых из его «биосферных революций» (действительно, можно найти некоторые [очень, впрочем, небольшие] различия в датировках между публикациями 2005 года на русском [Панов 2005] и английском [Panov 2005] языке). Отметим также, что эти англоязычные публикации включают в себя четыре статьи из *Encyclopedia Britannica*, что сделало список источников в англоязычной статье Панова (Panov 2005) уже не столь абсолютно отличным от модисовского списка, как это наблюдалось для русскоязычной статьи (Панов 2005) (так как Модис также включил *Encyclopedia Britannica* в список своих источников). Поэтому «для чистоты эксперимента» мы решили для наших вычислений опираться на пановский список «фазовых переходов / биосферных революций», представленный в его русскоязычной (Панов 2005), а не англоязычной (Panov 2005) статье.

<p>Источники, использованные Т. Модисом для идентификации списка фазовых переходов / «скачков сложности», опубликованного в Modis 2002, 2003</p>	<p>Источники, использованные А. Д. Пановым для идентификации списка фазовых переходов / «биосферных революций», опубликованного в первой полностью академической публикации его результатов (Панов 2005)</p>
<p>(1) Barrow, Silk 1980; (2) Burenhult 1993; (3) Heidmann 1989; (4) Johanson, Edgar 1996; (5) Sagan 1989; (6) Schopf 1991; к этому списку Т. Модис добавляет: (7) “Timeline of the Universe” (American Museum of Natural History, Central Park West at 79th Street, New York), (8) Encyclopedia Britannica, (9) “the web site of the Educational Resources in Astronomy and Planetary Science (ERAPS), University of Arizona”, (10) “Private communication, Paul D. Boyer, Biochemist. Nobel Prize 1997. Dec 27, 2000”, (11) “a timeline for major events in the history of life on earth as given by David R. Nelson, Department of Biochemistry at the University of Memphis, Tennessee” (http://drnelson.utmem.edu/evolution2.html)</p>	<p><u>Работы российских ученых, опубликованные на русском языке:</u> (1) Борисковский 1970, (2) Борисковский 1974а, (3) Борисковский 1974б, (4) Борисковский 1978; (5) Дьяконов 1994; (6) Федонкин 2003; (7) Галимов 2001; (8) Капица 1996; (9) Келлер; (10) Лопатин 1983; (11) Муратов, Вахрамеев 1974; (12) Назаретян 2004; (13) Розанов 1986; (14) Розанов 2003; (15) Розанов, Заварзин 1997; (16) Шанцер 1973; (17) Заварзин 2003; (18) Зайцев 2001.</p> <p><u>Работы западных ученых, переведенные на русский язык:</u> (1) Антисери, Реале 2001; (2) Биган 2004; (3) Кэррол 1992, (4) Кэррол 1993а, (5) Кэррол 1993б; (6) Фоули 1990; (7) Ясперс 1991; (8) Кринг, Дурда 2004; (9) Вонг 2003.</p> <p><u>Оригинальные публикации западных ученых на английском языке:</u> (1) Alvarez et al. 1980; (2) Orgel 1998; (3) Wood 1992.</p>

Таблица 1. Сопоставление источников, использованных Т. Модисом (Modis 2002, 2003) и А. Д. Пановым (2005) для составления их списков «фазовых переходов» / «биосферных революций» / «канонических вех» / «эволюционных поворотных точек» / «скачков сложности»

на работы западных ученых, опубликованные на английском языке¹⁸. В разительном контрасте с этим, из 30 источников, использованных Пановым (2005), 18 представляют собой работы российских исследователей, опубликованных в России на русском языке; 9 – это работы западных ученых, переведенные на русский язык и опубликованные в России; и лишь 3 – это оригинальные работы западных исследователей на английском языке.

В свете этого вряд ли у кого-то вызовет удивление то, что пановский список фазовых переходов (Панов 2005: 124–127) оказался ни в коем случае не идентичным модисовскому¹⁹:

«0. Возникновение жизни на Земле - около 4×10^9 лет назад (Orgel 1998; Розанов, Заварзин 1997; Розанов 2003; Федонкин 2003). Жизнь возникает в форме примитивных безъядерных одноклеточных организмов - прокариотов (и, возможно, вирусов [Галимов, 2001]). После возникновения жизни, приблизительно в течение 2 - 2,5 млрд. лет эволюция протекала, по-видимому, без существенных потрясений, при этом главным системообразующим фактором биосферы была прокариотная фауна. Это видно, в частности, по монотонному росту скорости отложения горючих ископаемых (седиментогенез) вплоть до достижения максимума 2,0 - 1,5 млрд. лет назад [Лопатин, 1983]. Однако задолго до конца прокариотной эры возникли первые эвкариоты и, возможно, даже примитивные многоклеточные организмы [Розанов, 2003; Федонкин, 2003]. Специально отмечается [Федонкин, 2003], что эвкариоты не играли заметной роли в глобальных биохимических циклах вплоть до кислородного кризиса около 1,5 млрд. лет назад (см. ниже). Эвкариотная фауна на фоне прокариотной

18 Впрочем, один из его источников (Heidmann 1989) представляет собой перевод на английский язык книги, изначально опубликованной на французском.

19 Отметим, что в тех случаях, когда А. Д. Панов (2005) указывает временные интервалы, а не точные даты, мы для своих расчетов использовали средние значения соответствующих интервалов; например, Панов (2005) в качестве даты «биосферной революции 5» («Начало неогена») $25-20 \cdot 10^6$ лет назад, в то время как мы для своих расчетов используем среднее значение соответствующего интервала (т.е. $22,5 \cdot 10^6$ лет назад).

существовала в форме избыточного внутреннего разнообразия.

1. Кислородный кризис или неопротерозойская революция - $1,5 \times 10^9$ лет назад [Федонкин, 2003; Лопатин, 1983; Розанов, 2003; Заварзин, 2003]. Цианобактерии обогатили первоначально восстановительную атмосферу Земли кислородом, который был сильным ядом для анаэробных прокариотов. Анаэробные организмы стали вымирать, что видно, в частности, по резкому замедлению седиментогенеза в этот период [Лопатин, 1983; Розанов, Заварзин, 1997]. Кислородный кризис - типичный пример эндоэкзогенного кризиса и первый глобальный экологический кризис в истории Земли. На смену анаэробным прокариотам пришли аэробные формы жизни, которые представлены в основном как одноклеточными, так и многоклеточными эвкариотами. По разным данным это событие имело место от 2,0 до 1,0 млрд. лет назад, но при этом фактически имеются в виду разные фазы этого перехода. От пика революции нас отделяет приблизительно 1,5 млрд лет.
2. Кембрийский взрыв - $590 - 510 \times 10^6$ лет назад [Келлер, 1975; Розанов, 1986; Кэррол, 1992]. В течение нескольких десятков миллионов лет возникают практически все современные филогенетические стволы многоклеточных, включая позвоночных [Кэррол, 1992, с. 37]. Кембрийский взрыв совпадает с началом палеозойской эры. В течение палеозоя жизнь постепенно выходила на сушу и осваивала ее. Уже в кембрии обнаружены первые попытки выхода беспозвоночных на сушу [Федонкин, 2003]. Палеозойская эра заканчивается господством на суше земноводных, чрезвычайно разнообразных и часто гигантских [Кэррол, 1992], среди растений - хвощи, плауны и папоротники. За несколько десятков миллионов лет до окончания палеозоя возникают первые пресмыкающиеся (избыточное разнообразие), которые становятся системообразующим фактором следующей фазы развития планетарной системы.
3. Начало мезозойской эры, революция пресмыкающихся - 235×10^6 лет назад [Кэррол, 1992; Муратов, Вахрамеев, 1974; Кэррол, 1993a]. Внезапно и быстро вымирают практически все отряды палеозойских земноводных [Кэррол, 1992, с. 192],

- лидерство на суше переходит к пресмыкающимся – сначала звероподобным и зверозубым ящерам, потом к динозаврам [Кэррол, 1993а]. В мире растений начинают господствовать голосемянные (хвойные, гинковые и др.). Уже в середине мезозоя появляются первые млекопитающие, но в экосистемах они играют подчиненную роль (избыточное многообразие).
4. Начало кайнозойской эры, революция млекопитающих - 66×10^6 лет назад [Шанцер, 1973; Кэррол, 1993а; 1993б]. Полностью вымирают динозавры, на суше - гигантский всплеск разнообразия млекопитающих, в воздухе господствуют птицы, среди растений голосемянные вытесняются покрытосеянными (цветковыми). Предположение о том, что вымирание динозавров вызвано исключительно последствиями падения гигантского метеорита, образовавшего кратер Чиксулуб [Alvares, 1980; Кринг, Дурда, 2004], вызывает серьезную критику, так как вымирание динозавров длилось 1 - 2 млн лет, а пыль и сажа могли держаться в атмосфере максимум несколько месяцев [Кэррол, 1993а], при этом длительных глобальных климатических изменений не отмечается.
 5. Начало неогена - $25 - 20 \times 10^6$ лет назад [Шанцер, 1973; Кэррол, 1993б; Биган, 2004] – сопровождается резким обновлением фауны на территории Европы; флора и фауна приобретают практически современный вид. Возникают гоминоиды - человекообразные обезьяны, причем это событие имеет характер сильнейшего эволюционного взрыва. Между 22 и 17 млн. лет назад Африку населяли не менее 14 родов гоминоидов, что составляет десятки видов [Биган, 2004] (много больше, чем сейчас).
 6. Начало четвертичного периода (антропоген) - $4,4 \times 10^6$ лет назад [Биган, 2004; Фоули, 1990; Wood, 1992]. Первые примитивные люди (гоминиды) отделяются от обезьяноподобных (гоминоидов). Подобно началу неогена, начало антропогена сопровождалось всплеском разнообразия Homo [Wood, 1992]. Далее следует несколько событий, имеющих, возможно, не столько биологический, сколько социальный характер (см. обсуждение в конце данного раздела). Периоды различаются по характеру обработки орудий труда людьми каменного века. Существующая традиция, отраженная и в энциклопедиях, выделяет последовательность эпох Олдувай - Шелль - Ашель - Мустье.
 7. Олдувай, палеолитическая революция - $2,0 - 1,6 \times 10^6$ лет назад [Борисковский, 1974а]. Появление первых очень грубо обработанных каменных орудий труда - так называемых чопперов. Галечные культуры, Homo habilis.
 8. Шелль - $0,7 - 0,6 \times 10^6$ лет назад [Борисковский, 1978]. Овладение огнем, топоровидные орудия с поперечным лезвием (квиверы), грубые рубила. Основной носитель культуры - Homo erectus.
 9. Ашель - $0,4 \times 10^6$ лет назад [Борисковский 1970] - характеризуется стандартизированными овальными, треугольными, круглыми и другими симметричными рубилами. Основной представитель по-прежнему Homo erectus. На фоне ашельской культуры появляется неандерталец (Homo sapiens neanderthalensis) [Борисковский 1970] и около 160 тыс. лет назад - Homo sapiens sapiens или очень близкий вид [Вонг, 2003]. Однако, по-видимому, ни тот, ни другой не играют пока существенной роли в планетарной системе (избыточное разнообразие).
 10. Мустье (культурная революция неандертальцев) - 150 - 100 тыс. лет назад [Назаретян, 2004; Борисковский, 1974б]. Лидером планетарной системы становится неандерталец. Каменные и костяные орудия тонкой обработки - скребла, остроконечники, сверла, ножи. Жилища из костей мамонта и шкур. Захоронение мертвых (примитивные религии). Homo sapiens sapiens по-прежнему не имеет существенного значения в планетарной системе [Назаретян, 2004].
 11. Верхнепалеолитическая революция (культурная революция кроманьонцев) - 40 тыс. лет назад [Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. Вымирают неандертальцы, носителем культуры становится человек современного вида Homo sapiens sapiens. Многократно возросла продуктивность использования каменного сырья, заметно усовершенствовались знаковые системы коммуникации. Значительное развитие охотничьей автоматике (копья, ловушки), широкое распространение искусства (наскальные рисунки).
 12. Неолитическая революция - 12 - 9 тыс. лет назад [Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. В конце верхнего палеолита развитие охотничьих технологий привело к истреблению популяций и целых видов животных, что подорвало пищевые ресурсы палеолитического

- общества и привело к ужесточению межплеменной конкуренции. Ответом на кризис был переход от присваивающего (охота, собирательство) к производящему (земледелие, скотоводство) хозяйству и смена нормативного геноцида зачаточными формами коллективной эксплуатации [Назаретян, 2004]. Уже в неолите появляются предки городов, такие как Чатал-Хююк (VII-VI тыс. до н.э.), Иерихон (VII тыс. до н.э.) [Дьяконов, 1995]. Однако на этом этапе они еще не являются существенным системообразующим фактором [Дьяконов, 1995].
13. Городская революция, начало древнего мира - IV-III тыс. до н.э. [Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. Массовое распространение крупных человеческих агломераций, возникновение письменности, первых правовых документов, настоящей бюрократии и классового общества, появление ремесел. Революция последовала за распространением бронзовых орудий, демографическим взрывом и обострением конкуренции за плодородные земли.
 14. Железный век, эпоха империй, революция Осевого времени - 800-500 лет до н.э. [Ясперс, 1991; Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995; Зайцев, 2001]. Возникновение технологии получения железа около 1000 - 900 лет до н.э. привело к тому, что оружие стало намного более дешевым, легким, эффективным, а войны - более кровопролитными. Ответом на этот кризис техногуманитарного баланса было, во-первых, объединение мелких государств в более крупные образования - империи, и, во-вторых, авторитарное мифологическое мышление стало вытесняться личностным. Личность начала восприниматься как суверенный носитель морального выбора. Это привело к практически одновременному появлению в разных местах Земли мыслителей и полководцев нового типа - Заратустра, иудейские пророки, Сократ, Будда, Конфуций [Ясперс, 1991] и др. - и к культурному взрыву античности [Зайцев, 2001].
 15. Гибель древнего мира, начало средневековья - 400 - 630 гг. (здесь и далее новой эры) [Дьяконов, 1995]. Начало перехода я условно связываю с деятельностью Святого Августина и осуждением пелагианства на Карфагенском соборе в 417 г., что означало конец эллинистической философии [Антисери, Реале, 2001], а конец перехода - с деятельностью пророка Мухаммеда (570 - 632).
- Основное содержание перехода состоит в кризисе и гибели Римской империи (Древнего мира) с последующим распространением феодальных государств и княжеств под ведущей ролью мировых тоталитарных религий (но, конечно, не сводится только к этому).
16. Первая промышленная революция - 1450 - 1550 гг. [Капица, 1996; Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. В терминологии И. Дьяконова - начало стабильно-абсолютистского постсредневековья [Дьяконов, 1995]. Возникновение промышленного производства (мануфактуры), великие географические открытия, возникновение книгопечатания и культурный переворот нового времени.
 17. Вторая промышленная революция - 1830 - 1840 гг. [Капица, 1996; Дьяконов, 1995]. Возникновение механизированного производства, эпоха пара и электричества. Начало глобализации в области информации - в 1831 г. изобретен телеграф. В культурной области начинает формироваться устойчивое негативное отношение к войне как к средству решения политических вопросов (Л. Толстой и др.).
 18. Информационная революция - 1950 г. [Капица, 1996; Назаретян, 2004; Дьяконов, 1995]. Переход промышленно развитых стран в постиндустриальную эпоху, когда большая часть населения занята не в материальном производстве, а в сфере обслуживания и в переработке информации. Распространение компьютеров и автоматизированных баз данных. Войны между промышленно развитыми супердержавами вытесняются в виртуальную область, принимая форму холодной войны (изменение уровня техногуманитарного баланса).
 19. Кризис и распад социалистического лагеря, информационная глобализация - 1991 г. Распад мировой системы тоталитарной плановой экономики, резкое снижение уровня глобального военного противостояния, становление мировой сети Интернет, означающее завершение информационной глобализации. Данные события пока отнюдь не всегда трактуются как революция, но, как будет видно, по некоторым чисто формальным признакам они имеют тот же статус, что и предыдущие» (Панов 2005: 124-127).
- Отметим, что последняя точка данных (19)

отсутствует на приводимых ниже графиках, но она была использована для оценки скорости глобального макроэволюционного развития для точки данных (18).

В свете вышеописанного радикального различия в источниковых базах Модиса и Панова, а также полной независимости проводившихся ими исследований друг от друга, вряд ли может вызвать удивление то, что пановский список «биосферных революций» очень значительно отличается от ряда «канонических вех» Модиса – Курцвейла:

- 1) список Модиса – Курцвейла содержит 27 «канонических вех», в то время как пановский ряд включает лишь 20 «биосферных революций». Таким образом, как минимум 7 вех Модиса – Курцвейла не имеют никаких параллелей в ряду Панова.
- 2) Есть лишь одна «веха», для которой и Модис, и Панов имеют полностью идентичные название и датировку (Модис – Курцвейл 2 = Панов 0). Имеется также одна веха (Модис – Курцвейл 26 = Панов 18), которую Модис и Панов датируют

Ряд Модиса – Курцвейла	Ряд Панова (2005)
(6) Первые млекопитающие , первые птицы, первые динозавры – 210 млн лет назад.	(3) Начало мезозойской эры , революция пресмыкающихся – 235 млн лет назад.
(7) Первые покрытосеменные , древнейшие остатки цветковых растений – 139 млн лет назад.	(4) Начало кайнозойской эры , революция млекопитающих – 66 млн лет назад.
(8) Первые приматы / столкновение с астероидом / mass extinction (including dinosaurs) – 54,6 млн лет назад.	(5) Начало неогена – 25–20 млн лет назад.
(9) Первые человекообразные обезьяны , первые гоминиды – 28,5 млн лет назад.	(6) Начало четвертичного периода (антропоген) – 4,4 млн лет назад.
(10) Первый орангутан , проконсул – 16,5 млн лет назад.	(7) Олдувай, палеолитическая революция – 2,0–1,6 млн лет назад.
(11) Расхождение предков шимпанзе и человека , самый ранние свидетельства прямохождения у гоминид – 5,1 млн лет назад.	(8) Шелль – 600–700 тыс. лет назад.
(12) Первые каменные орудия , <i>Homo erectus</i> – 2,2 млн лет назад.	(9) Ашель – 400 тыс. лет назад.
(13) Возникновение <i>Homo sapiens</i> – 555 000 лет назад.	
(14) Доместикация огня / <i>Homo heidelbergensis</i> – 325 000 лет назад.	
(15) Расхождение типов человеческой ДНК – 200 000 лет назад.	

Таблица 2. Корреляция между списками фазовых переходов Модиса и Панова для периода между 400 млн лет назад и 150 тыс. лет назад

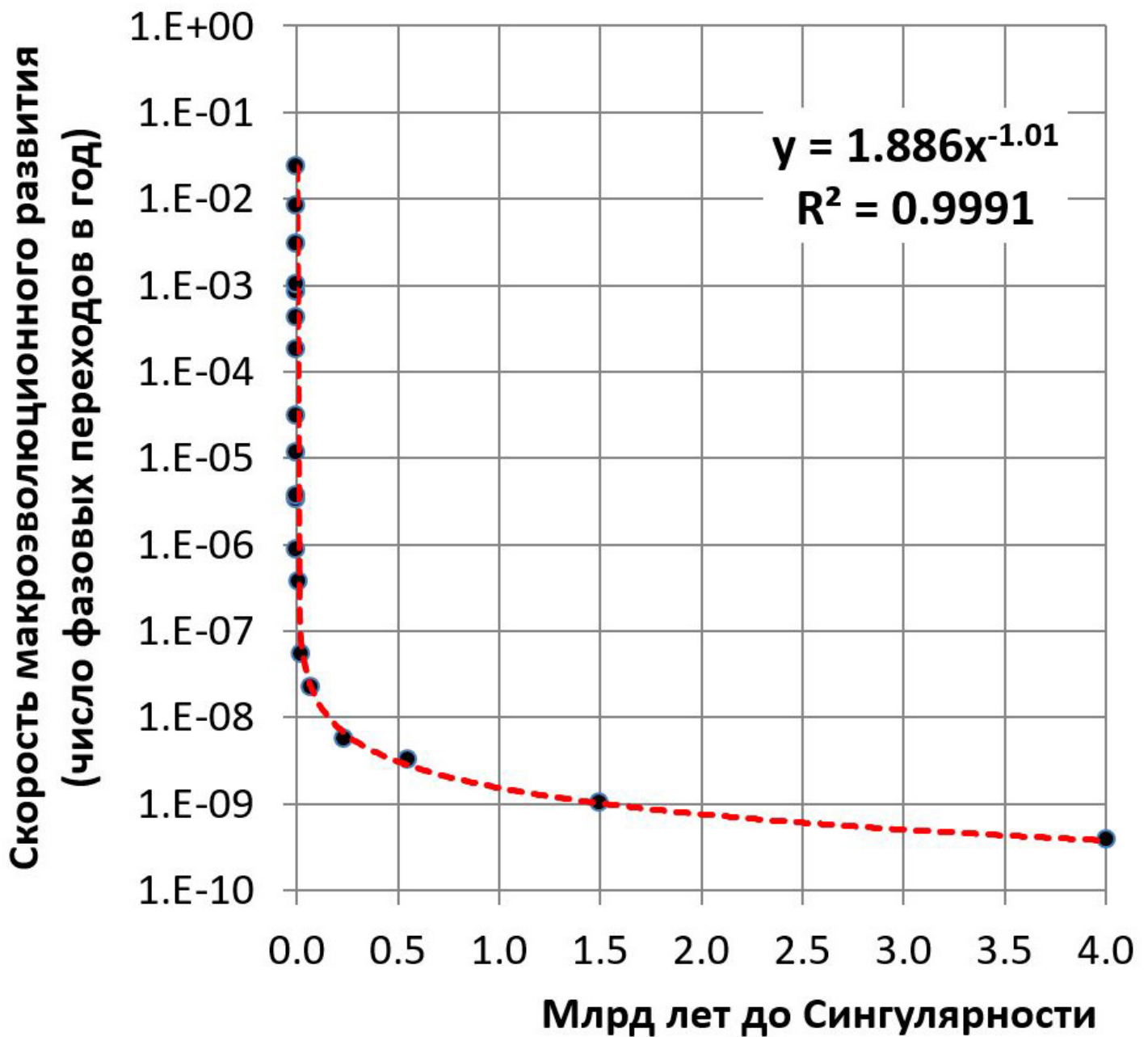


Рис. 17. Диаграмма рассеивания точек фазовых переходов Панова с наложенной линией степенной регрессии (с логарифмической шкалой по оси ординат) – для определенной методом наименьших квадратов даты Сингулярности = 2027 г. н.э.

одинаково, но которой они дают совершенно различные названия.

- 3) Имеется несколько веков, которым Модис и Панов дают отдаленно сходные названия и примерно (но не в точности) сходные датировки (например, Модис – Курцвейл 23 ≈ Панов 16; Модис – Курцвейл 19 ≈ Панов 12; Модис – Курцвейл 17 ≈ Панов 11; Модис – Курцвейл 9 ≈ Панов 5). В одном случае Модис и Панов дают одной и той же веку (Модис – Курцвейл 5 ~ Панов 2) одинаковое название, но очень разные

даты.

- 4) С другой стороны, для очень значительных отрезков рассматриваемых рядов корреляция между ними выглядит крайне удаленной. Например, для периода между 400 млн лет назад и 150 тыс. лет назад эта корреляция выглядит следующим образом (см. Таблицу 2):

Как мы видим, для очень большой части планетарной истории (между Кембрийским

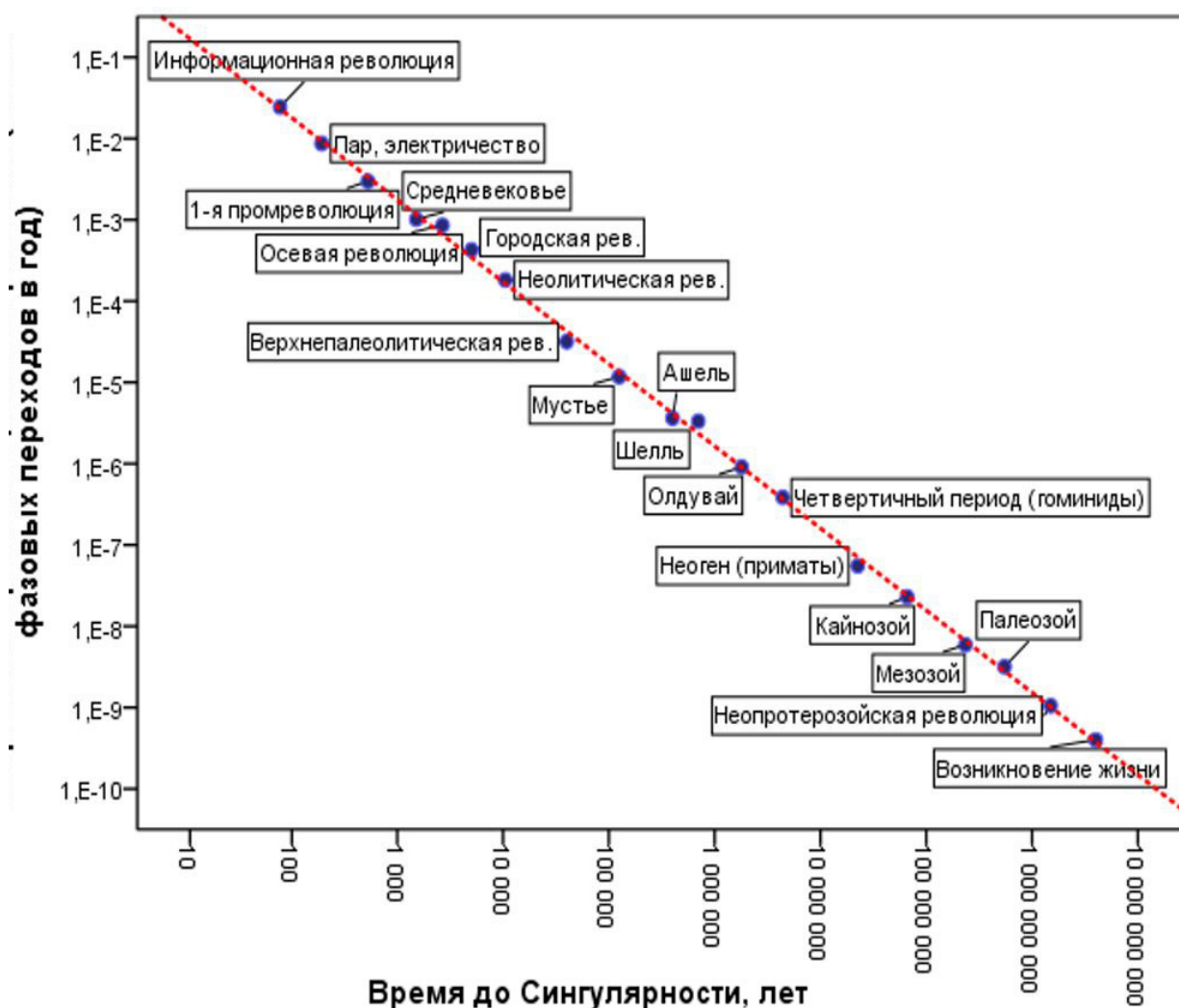


Рис. 18. Диаграмма рассеивания точек фазовых переходов Панова с наложенной линией степенной регрессии (в двойной логарифмической шкале) – для определенной методом наименьших квадратов даты Сингулярности = 2027 г. н.э.

взрывом и возникновением *Homo sapiens sapiens*) корреляция между двумя рядами выглядит реально слабой; вполне очевидно, что речь идет о совершенно независимо составленных (и достаточно отличных друг от друга) списках.

Временной ряд А. Д. Панова: формальный анализ

Теперь, после того как мы уже знаем все это, проанализируем ряд Панова тем же самым способом, как мы проанализировали выше ряд Модиса – Курцвейла. Результаты этого анализа выглядят следующим образом (см. Рис 17).

В двойной логарифмической шкале соответствие между степенной моделью $y = 1,886/x^{1,01}$ (где x обозначается число лет до точки Сингулярности, определенной методом наименьших квадратов как 2027 г. н.э.) и эмпирическими оценками Панова выглядит следующим образом (см. Рис. 18).

Собственно говоря, я, конечно, ожидал, что уравнение, лучше всего описывающее ряд Панова, будет выглядеть достаточно похожим на уравнение, которое мы выше получили для ряда Модиса – Курцвейла; но, честно скажу, я не ожидал, что оно окажется **ДО ТАКОЙ СТЕПЕНИ ПОХОЖИМ** (в особенности, если иметь в виду то обстоятельство, что Модис и Панов при идентификации своих рядов опирались на

абсолютно разные источники, и полученные ими в итоге списки фазовых переходов оказались очень заметно отличающимися друг от друга).

Однако полученные нами в результате нашего анализа данных рядов уравнения оказались ПРЕДЕЛЬНО сходными (это особенно впечатляет, принимая во внимание то обстоятельство, что ни Модис, ни Панов не предпринимали попыток аппроксимировать свои ряды при помощи уравнения (10), а потому их никак нельзя подозревать в попытках «подогнать» свои ряды под это уравнение). Действительно, в неупрощенном виде степенное уравнение, лучше всего описывающее прослеживаемый в ряде Модиса – Курцвейла паттерн ускорения планетарного макроэволюционного развития, выглядит следующим образом (см. также выше Рис. 10).

$$y = \frac{2,054}{(2029-t)^{1,003}}, \tag{8}$$

где, напомним, y это скорость макроэволюционного развития (измеряемая как число фазовых переходов за единицу времени), а 2029 (г. н.э.) – точка Сингулярности, определенная методом наименьших квадратов.

В то же самое время степенное уравнение, лучше всего описывающее паттерн ускорения планетарного макроэволюционного развития, прослеживаемый в ряде Панова (2005), выглядит следующим образом (см. также выше Рис. 18):

Степенное уравнение типа (10), наиболее точно математически описывающее ряд Модиса – Курцвейла	Степенное уравнение типа (10), наиболее точно математически описывающее ряд Панова
$y = \frac{2,054}{(2029-t)^{1,003}}, \tag{8}, R^2 = 0,9989$	$y = \frac{1,886}{(2027-t)^{1,01}}, \tag{9}, R^2 = 0,9991$
Таблица 3. Сопоставление уравнений типа (10), наиболее точно математически описывающих ряд Модиса – Курцвейла и ряд Панова	

$$y = \frac{1,886}{(2027-t)^{1,01}} \quad (9)$$

В общем виде соответствующее уравнение выглядит следующим образом:

$$y = \frac{c}{(t^*-t)^\beta} \quad (10)$$

Это уравнение имеет три параметра – C , t^* , и β . И, как мы видели, все три параметра оказались удивительно близкими, как для ряда Курцвейла – Модиса, так и для ряда Панова.

Формулы ускорения глобального макроэволюционного развития в рядах Модиса – Курцвейла и Панова: сравнительный анализ

Действительно, сравнение уравнений типа (10), наиболее точно математически описывающих два соответствующих ряда, дает следующие результаты (см. Табл. 3).

Собственно говоря, на меня наиболее сильное впечатление произвело даже не то обстоятельство, что значение параметра сингулярности (t^*) для обеих регрессий оказалось столь близким (разница всего в два года!). На меня даже большее впечатление произвело то, что значение показателя степени β в обеих случаях оказалось столь близким к «1», что, между прочим, позволяет еще больше упростить и так уже очень простое степенное уравнение (10)

$$y_t = \frac{c}{(t^*-t)^\beta} \quad (10)$$

до еще более простого гиперболического уравнения (5):

$$y_t = \frac{c}{t^*-t} \quad (5)$$

Даже третий параметр уравнения (10), C , оказывается очень близким в уравнениях для ряда Модиса – Курцвейла ($C = 2,1$) и ряда Панова ($C = 1,9$).

Особого упоминания заслуживает исключительно высокая корреляция между теоретическим кривыми, генерируемыми чрезвычайно простыми уравнениями типа (5), и эмпирическими оценками, как Модиса – Курцвейла, так и Панова. Применительно к ряду Модиса – Курцвейла уравнение (5) описывает 99,89% всей вариации скорости глобального макроэволюционного развития на протяжении нескольких миллиардов лет, в то время как для ряда Панова это соответствие составляет 99,91% – с другой стороны, предельная близость значений R^2 для обеих регрессий (разница между ними составляет всего лишь 0.02%!) впечатляет и сама по себе (подчеркну еще раз, что данное обстоятельство выглядит особенно впечатляюще в виду того, что ни Модис, ни Панов не пытались аппроксимировать свои ряды при помощи уравнений типа (5) или (10)).²⁰

И конечно же, не вызывает никакого удивления то, что дифференциальное уравнение описывающее ускорение темпов роста глобальной сложности в ряде Панова оказывается крайне сходным с формулой ускорения темпов глобального макроэволюционного развития для ряда Модиса – Курцвейла.

Действительно, как мы уже упоминали, имеются достаточные основания упростить уравнение (9)

$$y = \frac{1,886}{(2027-t)^{1,01}} \quad (9)$$

до простого гиперболического варианта (11)

$$y = \frac{1,9}{2027-t} \quad (11)$$

Как мы помним, такое алгебраическое уравнение может рассматриваться как решение следующего

²⁰ Отмечу, что в статье С.В. Циреля (2018) обосновываются утверждения, что формулы, описывающие ряды Модиса – Курцвейла и Панова, по построению имеют показатель степени $\beta = 1$ и в силу практически полного совпадения начальной и двух конечных точек не могли существенно разойтись друг с другом, а небольшие различия значений числителя объясняются разным количеством фазовых переходов.

дифференциального уравнения, которое оказывается крайне сходным с тем, что мы выше получили для ряда Модиса – Курцвейла:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{1,9} \approx 0,5y^2. \quad (12)$$

Таким образом, общая формула ускорения темпов глобального макроэволюционного развития, столь точно описывающая пановскую серию «биосферных революций» оказывается практически идентичной той, что была нами обнаружена выше для ряда Модиса – Курцвейла: «увеличение темпов макроэволюционного развития в a раз сопровождается увеличением скорости роста (т.е. ускорения) темпов макроэволюционного развития в a^2 раз; так, двукратное увеличение темпов макроэволюционного развития в тенденции сопровождается четырехкратным увеличением скорости роста (т.е. ускорения) темпов макроэволюционного развития; десятикратное увеличение темпов макроэволюционного развития в тенденции сопровождается стократным ускорением роста темпов макроэволюционного развития; и т.д. ...».

На мой взгляд, все это говорит о наличии достаточно строгих глобальных макроэволюционных закономерностей (описывающих рост сложности на нашей планете на протяжении нескольких миллиардов лет), которые могут удивительно точно описываться крайне простыми математическими функциями.

Удивительное открытие Хайнца фон Ферстера

Здесь представляется уместным вспомнить о том, что в 1960 г. Х. фон Ферстер, П. Мора и Л. Амиот опубликовали в журнале *Science* сообщение об удивительном открытии (von Foerster, Mora, and Amiot 1960). Они показали, что между 1 и 1958 г. н.э. динамика численности народонаселения мира (N) может быть с необычайно высокой точностью

описана при помощи следующего поразительно простого уравнения:

$$N_t = \frac{C}{(t^* - t)^{0,99}}, \quad (13)$$

где N_t это население мира в момент времени t , а C и t^* это константы, при этом t^* соответствует так называемой «демографической сингулярности». Параметр t^* был оценен Х. фон Ферстером и его коллегами как 2026,87, что соответствует 13 ноября 2026 г.; это, кстати, предоставило им возможность дать своей статье предельно броское название «Конец света: Пятница, 13 ноября 2026 г. от Рождества Христова» (von Foerster, Mora, Amiot 1960); однако позже было показано, что эта тенденция прослеживалась какое-то время и после 1958 г. (см., например: Капица 1999; Коротаев и др. 2010), а с другой стороны, что эта же тенденция прослеживается и в течение многих тысячелетий до н.э. (Капица 1996, 1999; Подлазов 2000, 2001, 2002; Коротаев 2006, 2010а; Коротаев, Малков, Халтурина 2005а, 2007; Kapitza 1996, 2003; Kremer 1993; Tsirel 2004; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006а, 2006b). Более того, М. Кремер (Kremer 1993) утверждает, что эта тенденция прослеживается с 1 000 000 лет назад, а С. П. Капица (1996, 1999) даже настаивал на том, что ее можно проследить, начиная примерно с 4 000 000 г. до н.э.

Трудно не заметить, что паттерн ускорения темпов роста численности населения мира, обнаруженный еще в 1960 г. Х. фон Ферстером в эмпирических данных по динамике численности населения Земли между 1 и 1958 г. н.э., оказывается практически идентичным тому паттерну ускорения темпов глобального макроэволюционного развития, который мы выше обнаружили во временных рядах как Модиса – Курцвейла, так и Панова (и как будет показано в приложении к этой статье, данное обстоятельство, по всей видимости, совсем не случайно). Особо отметим, что степенная регрессия для всех трех рядов дала значение показателя степени β , крайне близкое к «1» (1,003

для ряда Модиса – Курцвейла, 1,01 для ряда Панова, и 0,99 у Х. фон Ферстера для динамики численности населения мира).

Однако и обнаруженная крайняя близость значений параметра t^* (а это именно значение точки Сингулярности) также не может не впечатлить (степенная регрессия дает в качестве точки сингулярности 2029 г. для ряда Модиса – Курцвейла, 2027 г. – для ряда Панова, и в точности тот же 2027 г. для ряда фон Ферстера²¹).

Мы уже говорили выше, что, как и в случае с уравнениями (8) и (9), в уравнении фон Ферстера (13) значение степени в знаменателе (0,99) оказывается столь слабо отличным от «1», что, как уже предлагалось С. фон Хернером (von Hoerner 1975) и С. П. Капицей (1992, 1999), его целесообразно использовать в следующем упрощенном виде:

$$N_t = \frac{C}{t^* - t} \quad (14)$$

Как мы видим, полученное в результате этого уравнение оказывается полностью идентичным вышеприведенному уравнению (5), которое оказалось способным описать с чрезвычайно высокой точностью общий паттерн ускорения темпов глобального макроэволюционного развития в течение как

21 Отметим, что степенная регрессия, давшая данное значение параметра сингулярности для ряда значений численности населения мира, была рассчитана более чем за 50 лет до того, как была рассчитана регрессия, давшая то же самое значение параметра t^* для ряда Панова (собственно говоря, первая регрессия была рассчитана еще тогда, когда автор этой статьи еще даже родился). Тем не менее, я не склонен слишком серьезно относиться к столь поразительному совпадению значений параметра t^* , полученных разными степенными регрессиями для разных временных рядов в совершенно разные годы; я склонен предполагать, что речь здесь все-таки в очень значительной степени идет о совпадении. В любом случае, как мы увидим ниже, нет никаких оснований ожидать что-то похожее на «конец света» в пятницу 13 ноября 2026 года от Рождества Христова...

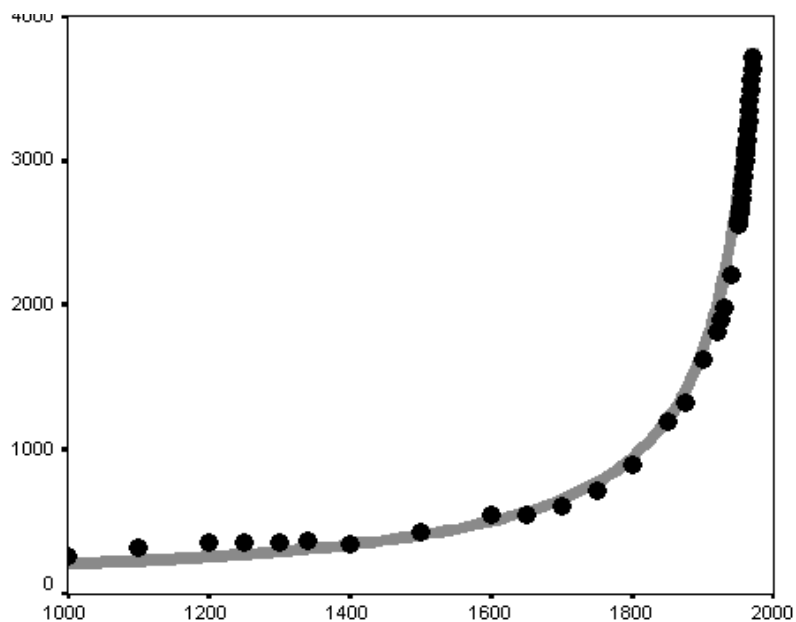


Рис. 19. Корреляция между эмпирическими оценками долгосрочной динамики численности населения мира (в миллионах чел., 1000–1970 гг.) и кривой, генерируемой уравнением фон Ферстера (15)

ПРИМЕЧАНИЕ: черные маркеры соответствуют эмпирическим оценкам численности населения мира, сделанным Мак-Эведи и Джоунсом (McEvedy, Jones 1978) для 1000–1950 гг., и эмпирическим оценкам Отдела народонаселения ООН (UN Population Division 2018) для периода с 1950 г. по 1970 г. Серая кривая сгенерирована уравнением фон Ферстера (15). Формальные характеристики этой корреляции таковы: $r = 0,998$; $R^2 = 0,996$; $p = 9,4 \times 10^{-17} \approx 1 \times 10^{-16}$.

минимум последних 4 млрд лет. Отметим, что уравнение (14) оказалось способным описать тренд динамики численности населения мира (вплоть до начала 1970-х гг.) с такой же предельно высокой точностью, с какой уравнение (5) оказалось способным описать ускорение темпов роста глобальной сложности (как минимум за последние 4 млрд лет). Применительно к уравнению (5) это уже было продемонстрировано выше.

Так что ниже имеет смысл продемонстрировать это для уравнения фон Ферстера (14).

Возьмем уравнение (14). Теперь заменим там t^* на 2027 (это просто результат округления полученного фон Ферстером значения точки сингулярности, 2026,87), а C – на 215000.²² Это даст нам вариант уравнения фон Ферстера – фон Хенера – Капицы с определенными параметрами

$$N_t = \frac{215000}{2027 - t} \quad (15)$$

Общее совпадение кривой, описываемой уравнением фон Ферстера, и наиболее детального ряда эмпирических оценок выглядит следующим образом (см. Рис. 19).

Как мы видим, и на самом деле уравнение (14) оказывается способным описать динамику ускорения роста численности населения мира (вплоть до начала 1970-х годов) таким же удивительно точным образом, каким уравнение (5) способно описать общий паттерн глобального макроэволюционного ускорения за последние 4 миллиарда лет.

В контексте Большой истории очень важным представляется то обстоятельство, что уравнение (5), описывающее ускорение темпов глобального макроэволюционного ускорения и уравнение (14), описывающее рост численности населения Земли, оказываются полностью идентичными. Более того, эмпирический и математический анализ показывает, что между ними существует очень глубокая взаимосвязь, и что они описывают две стороны одного процесса (см. Приложение к данной статье).

О формуле ускорения глобального эволюционного развития

Честно скажу, что у меня были серьезные сомнения,

²² Отметим, что все вычисления приводятся ниже в миллионах человек. Отметим также, что использованное нами значение параметра C несколько отличается от значения, использовавшегося Х. фон Ферстером.

когда я впервые встретился с расчетами Панова и Модиса (и я не удивлен, что у большинства историков возникают очень похожие сомнения, когда они видят эти работы). У меня возникло много возражений относительно точности многих описаний их «канонических вех», относительно адекватности их отбора и и точности датировок. Честно скажу, что я начал серьезно относиться к расчетам Модиса и Панова, только когда я сам проанализировал два соответствующих временных ряда, идентифицированных (как мы видели выше) полностью независимо друг от друга двумя разными исследователями, использующими совершенно разные источники. При этом я анализировал их при помощи математической модели, которая не применялась к их анализу ни Модисом, ни Пановым, и обнаружил, что они описываются необычно точным образом почти идентичной математической гиперболической функцией. На мой взгляд, это заставляет предполагать объективное наличие довольно простой гиперболической закономерности ускорения глобального макроэволюционного развития, наблюдаемого на Земле в течение последних 4 миллиардов лет. Это впечатление стало еще более сильным, когда уравнение, описывающее картину ускорения планетарной макроэволюции в рядах Модиса – Курцвейла и Панова, оказалось полностью идентичным уравнению, найденному еще в 1960 году Хайнцем фон Ферстером, показавшему уже тогда, что оно способно с необычайной точностью описать глобальный паттерн ускорения роста численности населения Земли между 1 и 1958 гг.

У меня были основания ожидать, что планетарное макроэволюционное ускорение за последние 4 миллиарда лет может быть описано единым гиперболическим уравнением с достаточно высокой точностью, так как предыдущие исследования показали, что и биологическая и социальная эволюция могут описываться с достаточно высокой точностью простыми

гиперболическими уравнениями²³, но, должен сказать, что и я был удивлен, когда я обнаружил, что макроэволюционное ускорение за последние 4 миллиарда лет описывается единым гиперболическим уравнением с такой высокой точностью.

На мой взгляд, все это заставляет предполагать существование достаточно строгих глобальных макроэволюционных закономерностей (описывающих рост глобальной сложности на протяжении нескольких миллиардов лет), которые могут быть неожиданно точно описаны при помощи предельно простых математических функций, и в том числе наличие следующей дифференциальной формулы ускорения темпов роста (y) глобальной сложности:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{C}, \quad (6)$$

где C представляет собой параметр следующего гиперболического уравнения:

$$y_t = \frac{C}{t^* - t}, \quad (5)$$

где t^* – это дата Сингулярности.

Также отнюдь не безынтересным представляется то обстоятельство, что даты сингулярности для всех трех (очень различных) рассмотренных нами временных рядов оказались практически идентичными (2029 г. для ряда Модиса – Курцвейла и 2027 г. для рядов Панова и фон Ферстера).

23 Марков, Коротаев 2007, 2008а, 2008б, 2008в, 2009а, 2009б; Марков, Анисимов, Коротаев 2010, 2011; Коротаев 2007, 2010б; Коротаев, Марков 2006; Коротаев, Комарова, Халтурина 2007; Коротаев, Малков, Халтурина 2005б; Коротаев, Халтурина 2009; Korotayev 2005, 2006а, 2006б, 2007а, 2007б, 2008, 2009, 2012, 2013; Korotayev, Khaltourina 2006; Khaktourina et al. 2006; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006а, 2006б; Markov, Korotayev 2007, 2008, 2009; Markov, Anisimov, Korotayev 2010; Korotayev, S. Malkov 2012; Korotayev, Markov 2014, 2015; Grinin, Markov, Korotayev 2013, 2014; 2015; Korotayev, A. Malkov 2016; Korotayev, Zinkina 2017.

К интерпретации Сингулярности. Место Сингулярности в Большой истории и глобальной эволюции

Но насколько серьезно мы должны относиться к «предсказанию» сингулярности, содержащемуся в таких математических моделях? Следует ли нам вместе с Курцвейлом действительно ожидать, что где-то в районе 2029 года мы будем иметь дело с ускорением глобального технологического роста на несколько порядков (что, действительно, вытекает из уравнения (4), если понимать его буквально²⁴)?

Например, можем ли мы использовать то обстоятельство, что наш анализ ряда Модиса – Курцвейла выявил Сингулярность в районе 2029 г. как указание на то, что в районе этого времени нам следует ожидать начало «Девятой пороговой вехи Большой истории» (*Big History Threshold 9*)? Отметим, что некоторые специалисты в области Большой истории склонны относиться к таким «математически обоснованным» предсказаниям совершенно серьезно. Наиболее известен из них А. П. Назаретян. В своей статье с симптоматическим заголовком «Мегаистория и ее “загадочная сингулярность”» в ведущем журнале Российской академии наук он утверждает следующее:

“Солнечная система образовалась около 4,6 млрд лет назад, а самые первые признаки жизни на Земле насчитывают до 4 млрд лет. Таким образом, наша планета стала одной из (вероятно, множества) точек, на которых локализовалась последующая эволюция Метагалактики. Хотя ее ускорение замечено давно, в последнее время обнаружилось новое обстоятельство. Австралийский экономист и историк-глобалист Г. Снукс, российский физик А. Д. Панов и американский математик Р. Курцвейл

24 Это делает, например, А. П. Назаретян (2015а, 2015б; Nazaretyan 2015, 2016, 2017, 2018).

независимо, по разным источникам и с использованием разного математического аппарата сопоставили временные интервалы между глобальными фазовыми переходами в биологической, прасоциальной и социальной эволюции (Панов 2005, 2008; Kurzweil 2005; Snooks 1996; Вайнберг 1977). Расчеты показывают, что периоды сокращались по строго убывающей геометрической прогрессии, то есть ускорение эволюции на Земле следовало логарифмическому закону” (Назаретян 2015: 759).

Далее А. П. Назаретян утверждает:

“экстраполировав линию гиперболического ускорения в будущее, исследователи пришли к единодушному и еще более шокирующему выводу: около середины XXI в. она упирается в точку финальной (большой) сингулярности. Кривая заворачивает в вертикаль, то есть скорость эволюционного процесса стремится к бесконечности, а интервалы между фазовыми переходами – к нулю” (Назаретян 2015: 761; см. также Nazaretyan 2017: 32).

Как мы видим, А. П. Назаретян использует математические расчеты²⁵ даты Сингулярности глобальной эволюционной гиперболы для предсказания возможной даты того, что в

²⁵ По всей видимости, речь идет о математических расчетах А. Д. Панова, так как Г. Снукс и Р. Курцвейл, упоминаемые Назаретяном в первой цитате наряду с Пановым, таких расчетов не проводили. Отметим, впрочем, что А. Д. Панов пользовался для своих расчетов не гиперболической, а логарифмической моделью, а «экстраполяции линии гиперболического ускорения в будущее» по ряду Панова до меня, насколько мне известно, никем не проводилось (вышеупомянутый перенос Курцвейлом даты Сингулярности на 2029 год, впрочем, может свидетельствовать о том, что кто-то из сотрудников Курцвейла все-таки провел анализ ряда Модиса – Курцвейла с использованием гиперболической модели, но о публикации результатов этого анализа мне неизвестно).

терминологии основоположника Большой истории Д. Кристиана (Christian 2008) можно было бы назвать «Девятой пороговой вехой Большой истории» (*Big History Threshold 9*)²⁶ (которая, согласно Назаретяну будет существенно более значимой, чем предшествующие Вехи 7 (“Аграрная революция”) and 8 (“Модернизационная революция”).²⁷

Однако дают ли расчеты, проделанные А. Д. Пановым в 2003–2005 гг. или нами выше в этой статье, действительные основания ожидать Сингулярности/наступления 9-й пороговой вехи Большой истории между 2029 и 2050 гг.? Как, наверное, уже понятно, я склонен дать на этот вопрос однозначно отрицательный ответ.

Собственно говоря, как мы могли видеть, данная статья представляет собой по всей видимости первую попытку в явном виде «экстраполировать линию гиперболического ускорения в будущее»²⁸. Хотя А. П. Назаретян и утверждает обратное, подобная попытка не предпринималась Д. Снуксом (Snooks 1996), который не пытался вычислять какие бы то ни было математические сингулярности. Никаких формальных попыток «экстраполировать линию гиперболического ускорения в будущее» с использованием каких-либо математических

²⁶ Напомним, что в качестве 5-й пороговой вехи Большой истории Д. Кристиан рассматривает возникновение жизни, 6-й – антропогенез и возникновение «коллективного обучения» (*collective learning*), 7-й – неолитическую революцию, а 8-й – глобальную модернизацию последних веков, особенно активно протекавшую в XIX–XX вв. (*Modern Revolution*).

²⁷ По крайней мере, А. П. Назаретян пишет о «завершающем фазовом переходе, сопоставим по значению с появлением жизни» (Назаретян 2015: 761).

²⁸ Демонстрируя вместе с тем, что обнаруживаемая сингулярность должна скорее служить индикатором перегиба, после которого темпы глобального макроэволюционного развития начнут систематически в долгосрочной перспективе замедляться.

методов не предпринималось Р. Курцвейлом – уже хотя бы потому, что он до сих пор уверен в том, что он имеет дело с экспоненциальным, а не гиперболическим ускорением. Таким образом, едва ли ни единственным (до нас) исследователем, предпринявшим попытку математически рассчитать время сингулярности для линии ускорения планетарной эволюции, является А. Д. Панов (2004, 2005, 2006, 2008; Panov 2005, 2011, 2017) – хотя с некоторыми оговорками это можно также сказать про отношения это можно сказать про С. Н. Гринченко (2001, 2004, 2006, 2007 и др.), Т. Модиса (Modis 2002, 2003) и Д. ЛеПуара (LePoire 2013, 2015).

Использованная Пановым методика расчета Сингулярности существенно отличалась от «экстраполирования линии гиперболического ускорения в будущее» (это скорее та самая методика, которая была использована нами, а не Пановым); однако нет сомнений в том, что А. Д. Пановым была применена не менее строгая методика расчета времени Сингулярности планетарной эволюции. Но каковы были результаты этих расчетов? После того, как Панов применил свою методику математического анализа к своему временному ряду, начинающемуся с фазового перехода 0 («Возникновение жизни на Земле») и заканчивающемуся на фазовом переходе 19 («Кризис и распад социалистического лагеря, информационная глобализация»), он обнаружил, что точка сингулярности для его временного ряда находится вовсе не «около середины XXI века», как это утверждает Назаретян (2015: 761), а приходится на 2004 г. н.э. (!)²⁹ (Панов 2005: 130; Panov 2005: 222). При этом А. П. Назаретян даже, кажется, не

29 Между прочим, это очень близко к сингулярности 2005 года, которую мы ранее обнаружили при анализе ряда данных А. Мэддисона (Maddison 2001) по мировому ВВП за 1–1973 гг. (Коротаяев, Малков, Халтурина 2005а, 2005б, 2007, 2008; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006а, 2006б) и которую еще раньше в данных по мировому ВВП обнаружил Р. Таагепера (Taagepera 1976).

заметил, что вскоре после обнаружения Пановым точки Сингулярности Панов занялся изучением постсингулярного развития человечества (и вообще вопросом о постсингулярных цивилизациях) и тесно связанным с этим вопросом о глобальном замедлении темпов научно-технического прогресса (Панов 2009, 2013; Panov 2011, 2017). Как пишет Д. ЛеПуар, «прослеживаемые в Большой истории тенденции к ускоряющимся изменениям и росту сложности и связанная с ними тенденция к ускоренному росту потребления энергии не могут продолжаться до бесконечности. Мы исследовали признаки потенциального замедления темпов изменений в экономике, технологии и социальной сфере. Это не означает, что изменения прекратятся, просто темпы изменений уже не будут ускоряться. Фактически, к точке перегиба в логистической кривой обучения была сделана только половина открытий. Поскольку в истории жизни, человека и технологической цивилизации было три основных этапа³⁰, продолжение логистической кривой предполагает еще три фазы³¹. Направление развития технологий указывает на следующий этап, включая усовершенствованные технологии изменения природы человека посредством усовершенствованных биотехнологий и компьютерной интеграции ... Слишком быстрое изменение не всегда хорошо. Оно приводит к тому, что эффективность систем падает, потому что мы имеем мало долгосрочных ожиданий» (LePoire 2013: 115–116). В качестве важных факторов начавшегося замедления темпов глобального макроэволюционного развития ЛеПуар называет «рост себестоимости производимой энергии, ограниченные природные ресурсы, снижение

30 Речь идет о трех этапах, связанных с возникновением и эволюцией жизни, возникновением и эволюцией человека, а также возникновением и эволюцией технологической цивилизации (при этом границы между этими этапами приблизительно соответствуют Пороговым вехам Большой истории № 5, 6 и 8).

31 И, таким образом, еще три Пороговые вехи Большой истории.

темпов фундаментальных открытий в области физических наук и необходимость инвестиций в охрану окружающей среды»³² (LePoire 2013: 109).

Отметим также, что Т. Модис (Modis 2002, 2003, 2005, 2012) тоже интерпретирует максимальное ускорение темпов роста глобальной сложности, выявляемое им в районе 2000 г. н.э., именно как точку перегиба, после которой он прогнозирует нарастающее снижение темпов роста глобальной сложности. Собственно говоря, наиболее ранняя известная мне попытка математически выявить математическую сингулярность в ряду событий планетарной эволюции³³, которые Модис бы назвал «каноническими вехами», была предпринята в 2001 г. (т.е. всего за год до публикации основополагающей статьи Т. Модиса в *Technological Forecasting and Social Change*) С. Н. Гринченко (см. Гринченко 2001; см. также: Гринченко 2006, 2007, 2015; Гринченко, Шапова 2017; Шапова, Гринченко 2017; Grinchenko 2006, 2011; Grinchenko, Shchapova 2010, 2016, 2017); точка сингулярности была им математически определена³⁴ как 1981 г. н.э., в то время как последующий период был интерпретирован С. Н. Гринченко точно так же, как и Модисом – как период прогрессирующего замедления «скорости макроэволюции». Отметим, что это

32 О связи между ростом инвестиций в охрану окружающей среды и снижением темпов экономического роста см. также, например: Коротаев, Божевольнов 2010.

33 Отметим, что наиболее ранняя известная нам попытка математически выявить сингулярность на основе данных по человеческой истории была предпринята еще в 1909 г. Г. Адамсом, который обнаружил ее в районе 1921 года при одном способе подсчетов, а при втором способе подсчетов – в районе 2025 года (Adams 1969 [1909]: 308) – что, конечно, совсем не далеко от демографической сингулярности 2027 года, обнаруженной Х. фон Ферстером в 1960 г., а также от планетарной сингулярности 2027 года, обнаруженной нами выше во временном ряде Панова...

34 Надо заметить, что для вычисления сингулярности по своим данным С. Н. Гринченко использовал методику, существенно отличную от использованной как А. Д. Пановым, так и нами.

хорошо коррелирует с идентификацией нами 1973 года как точки перегиба, после квадратично-гиперболический тренд ускорения роста мирового ВВП начал меняться на прямо противоположный тренд к замедлению роста этого показателя (Коротаев 2006; Коротаев, Малков, Халтурина 2007; Коротаев и др. 2010; Коротаев, Божевольнов 2010; Акаев и др. 2014; Садовничий и др. 2014; Коротаев, Билюга 2016; Korotayev 2006). Все это хорошо подтверждается растущим объемом данных, свидетельствующих о начале долгосрочной тенденции к замедлению темпов научно-технического и экономического роста (см., например: Крылов 1999, 2002, 2007; Панов 2009, 2013; Акаев 2010; Коротаев, Малков, Халтурина 2007; Коротаев, Божевольнов, 2010; Коротаев и др. 2010; Коротаев, Билюга 2016; Huebner 2005; Khaltourina, Korotayev 2007; Maddison 2007; Modis 2002, 2005, 2012; Gordon 2012; Teulings and Baldwin 2014; Piketty 2014; LePoire 2005, 2009, 2013, 2015, 2016; Korotayev, Bilyuga 2016; Summers 2016; Cervellati, Sunde, Zimmermann 2017; Taylor, Tyers 2017; Jones 2018; Popović 2018 etc.).

Итак, насколько серьезно мы должны относиться к «предсказанию» сингулярности, содержащемуся в гиперболических математических моделях глобального развития? Или – следует ли нам вместе с Курцвейлом ожидать, что где-то в районе 2029 года мы будем реально иметь дело с ускорением глобального технологического роста на несколько порядков (что, действительно, вытекает из уравнения (4), если понимать его буквально³⁵)?

Как уже понятно, я склонен дать на этот вопрос однозначно отрицательный ответ. И в заключение приведу еще один аргумент в пользу данного отрицательного ответа. На мой взгляд, отрицательный ответ на этот вопрос вытекает, например, из известных нам эмпирических данных

35 И именно это, как мы помним, делает, например, А. П. Назаретян (2015a, 2015b; Nazaretyan 2015, 2016, 2017, 2018).

по динамике численности населения мира и установленных к настоящему времени механизмов этой динамики. Как мы помним, формула гиперболического роста численности населения Земли, открытая Хайнцем фон Ферстером, идентична формуле ускорения темпов глобального макроэволюционного развития, прослеживаемого в рядах Модиса – Курцвейла и Панова, и она характеризуется параметром сингулярности (2027 г. н.э.), который просто идентичен для формулы ускорения в ряду Панова и имеет разницу всего лишь в 2 года для ряда Модиса – Курцвейла. Однако каковы основания ожидать, что к пятнице 13 ноября 2026 года темпы прироста населения мира увеличиваться на несколько порядков, как это подразумевает уравнение фон Ферстера? Ответ на этот вопрос очень ясен. Нет абсолютно никаких оснований этого ожидать. Действительно, как мы показали довольно давно, «когда фон Ферстер и его коллеги давали своей статье (von Foerster, Mora, Amiot, 1960) знаменитое название “Судный день: пятница, 13 ноября 2026 г.”, они вовсе не имели в виду, что население Земли в этот день действительно может стать бесконечным (хотя “эсхатологические” выводы из гиперболических моделей роста Мир-Системы без каких-либо достаточных на то оснований делаются до сих пор (например (Johansen, Sornette 2001)). Из этой статьи, скорее, вытекал прямо противоположный прогноз – наблюдавшийся вплоть до 1960 г. на протяжении многих веков гиперболический рост мирового населения должен испытать в самые ближайшие годы радикальную трансформацию и смениться на принципиально иной тип демографической макродинамики. Отметим, что этот прогноз стал блестяще оправдываться всего лишь через несколько лет после публикации статьи фон Ферстера и его коллег (Коротаев, Малков, Халтурина, 2007, с. 14–22). Мир-Система начала свой выход из режима с обострением» (Коротаев, Малков, Халтурина 2008: 99; см. также: Коротаев, Халтурина 2009; Зинькина и др. 2016; Зинькина, Коротаев 2017; Korotayev 2008: 154).

Действительно, начиная с начала 1970-х гг. кривая роста численности населения мира стала все больше отклоняться от гиперболической траектории (ср. Рис. 19 и 20) (см., например, Капица 1999; Коротаев, Малков, Халтурина 2005а, 2007; Коротаев 2015, 2016; Kapitza 2003, 2006, 2010; Livi-Bacci 2012; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006а, 2006b; Korotayev, Goldstone, Zinkina 2015; Grinin, Korotayev 2015), и за последние десятилетия она приняла определенно логистическую форму – тенденция к гиперболическому ускорению сменилась на тенденцию к логистическому замедлению (см. Рис. 20).

В некоторых отношениях вполне можно сказать, что Х. фон Ферстер открыл сингулярность глобальной демографической истории; можно сказать, что он обнаружил, что человеческая Мир-Система приближалась к сингулярному периоду в своей истории, когда тенденция гиперболического ускорения, которой она следовала много тысячелетий (а, по мнению некоторых, даже несколько миллионов лет), будет заменена на противоположный тренд к замедлению. Именно через этот сингулярный период мы сейчас и проходим. Процессы и механизмы данного разворота трендов к настоящему времени очень тщательно изучены³⁶ и известны как «глобальный демографический переход» (Капица 1999, 2007; Подлазов 2001, 2017; Романчук, Медведева 2009; Коротаев 2015; Kapitza 2003, 2006, 2010; Korotayev, Goldstone, Zinkina 2015; Podlazov 2017). При этом особое внимание здесь стоит обратить на то обстоятельство, что в случае с глобальной демографической эволюцией переход от гиперболического ускорения к логистическому замедлению начался за несколько десятилетий до

36 См., например; Вишневикий 1976, 2005; Коротаев, Малков, Халтурина 2005а, 2007; Римашевская и др. 2012; Коротаев 2015; Подлазов 2017; Chesnais 1992; Caldwell et al. 2006; Khaltourina et al. 2006; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006а, 2006b; Korotayev 2009; Gould 2009; Dyson 2010; Reher 2011; Livi-Bacci 2012; Choi 2016; Podlazov 2017.

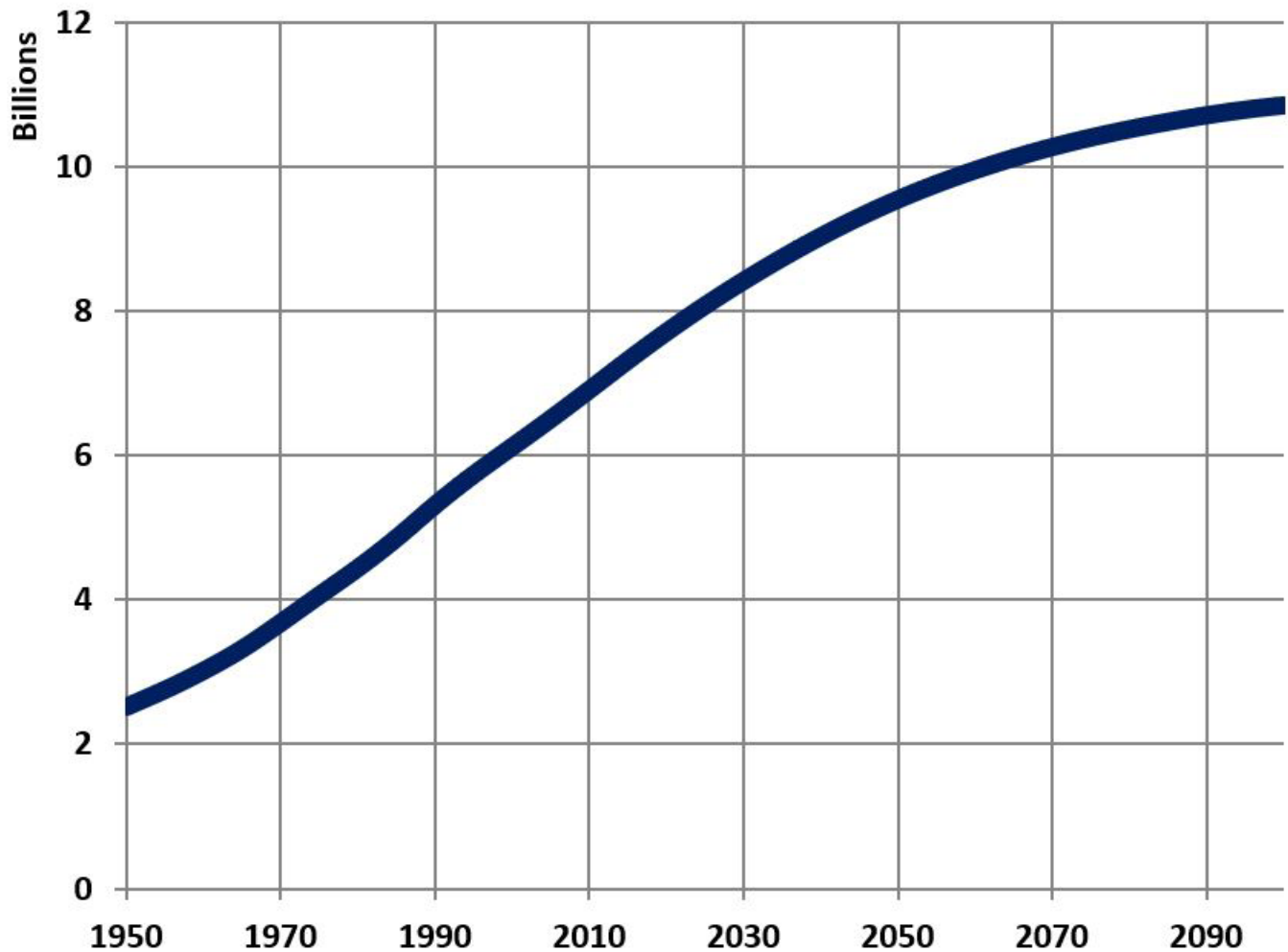


Рис. 20. Динамика численности населения мира (млрд), эмпирические оценки Отдела народонаселения ООН за 1950–2015 гг. со средним прогнозом до 2100 г.

Источник: UN Population Division 2018.

даты Сингулярности, математически вычисленной Х. фон Ферстером.

На мой взгляд, имеются основания утверждать, что замедление скорости глобального макроэволюционного развития также уже началось – и началось оно так же за несколько десятилетий до той точки сингулярности, которую можно математически выявить в глобальных

эволюционных рядах Модиса – Курцвейла и Панова³⁷.

Заключение

Итак, проведенный нами анализ позволяет предполагать наличие достаточно строгих

³⁷ Кстати, вполне возможно, что началось оно в то же самое время, как и начало выхода Мир-Системы из демографического режима с обострением (т.е. в начале 1970-х гг.) (см., например: Коротаев, Божевольнов 2010).

глобальных макроэволюционных закономерностей (описывающих эволюцию сложности на нашей планете за последние несколько миллиардов лет), которые могут удивительно точно описываться крайне простыми математическими функциями. Вместе с тем этот анализ заставляет предполагать, что в районе точки сингулярности нет основания вслед за Курцвейлом ожидать невиданного (на много порядков) ускорения темпов технологического развития; имеются большие основания интерпретировать эту точку как индикатор зоны перегиба, после прохождения которой темпы глобальной эволюции будут систематически в долгосрочной перспективе замедляться.

Приложения³⁸

Приложение 1. О взаимосвязи между формулой увеличения планетарной сложности и уравнением гиперболического роста численности населения Земли

Как мы могли видеть выше, формула ускорения роста планетарной сложности / глобального макроэволюционного развития (5) оказалась практически идентичной уравнению гиперболического роста численности населения Земли (14). Действительно, уравнение ускорения роста планетарной сложности в ряде Панова выглядит следующим образом (ср. выше формулу (11)):

$$y_t = \frac{c_1}{2027-t}. \quad (16)$$

Нетрудно видеть, что эта формула практически идентична открытому Х. фон Ферстером еще в 1960 году закону гиперболического роста численности населения Земли (ср. выше формулу (15)):

38 Хочу выразить свою благодарность С. Г. Шульгину и А. А. Фомину за помощь с содержащимися в Приложениях 1 и 2 математическими расчетами.

$$N_t = \frac{C_2}{2027-t}. \quad (15)$$

Как мы видим, различаются эти уравнения только значениями параметра С в знаменателе.

Между тем этот паттерн ускорения не вполне тривиален. При этом важно отметить, что, несмотря на существенное сходство, паттерн ускорения темпов планетарной эволюции (прослеживаемый в рядах Панова и Модиса – Курцвейла) заметно отличается от паттерна, открытого фон Ферстером применительно к росту населения мира.

Дело в том, что у уравнения (16) – это ТЕМПЫ роста глобальной сложности, поэтому $y = C_1/2027-t$ описывает не рост глобальной сложности, а рост ТЕМПОВ увеличения глобальной сложности. А значит, у уравнения (16) соответствует не численности населения (N) уравнения (15), а ТЕМПАМ роста численности населения; при этом уравнения, описывающие рост численности населения Земли (N), достаточно заметно отличаются от уравнений описывающих динамику ТЕМПОВ роста этой численности (dN/dt).

Действительно, как мы помним, алгебраические уравнения типа

$$y_t = \frac{c}{t^*-t}, \quad (5)$$

являются решениями дифференциального уравнения типа

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{c}, \quad (6)$$

Таким образом, если численность населения Земли растет по закону $N = C_2/t^*-t$ (14), то темпы роста его численности будут меняться по совсем другому закону:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C}. \quad (17)$$

С другой стороны, подставляя $N = C/t^* - t$ в $dN/dt = N^2/C$, получаем

	Уравнения, описывающие рост глобальной сложности (n) (по ряду Панова)	Уравнения, описывающие рост численности населения Земли (N) (по ряду фон Ферстера – Капицы)
Уравнения роста глобальной сложности / численности населения	$n_t = A - C_1 \cdot \ln(2027 - t), \quad (19)$	$N_t = \frac{C_2}{2027-t}, \quad (15)$
Уравнения увеличения ТЕМПОВ роста глобальной сложности / численности населения	$y = \frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{2027-t}. \quad (11)$	$\frac{dN}{dt} = \frac{C_2}{(2027-t)^2}. \quad (18)$

Табл. 4. Сопоставление законов роста глобальной / планетарной сложности и увеличения численности населения Земли

$$\frac{dN}{dt} = \left(\frac{C}{t^*-t}\right)^2 : C = \frac{C^2}{(t^*-t)^2} : C = \frac{C}{(t^*-t)^2}.$$

Таким образом, если ЧИСЛЕННОСТЬ населения Земли растет по ПРОСТОМУ гиперболическому закону

$$N_t = \frac{C_2}{2027-t}, \quad (15)$$

то ТЕМПЫ роста его численности будут увеличиваться по КВАДРАТИЧНОМУ гиперболическому закону:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{C_2}{(2027-t)^2}. \quad (18)$$

Сравним это теперь с уравнениями, описывающими рост глобальной/планетарной сложности. Вслед за Фоминым (2018) и Пановым (2004, 2005) обозначим уровень глобальной сложности как n .³⁹ При таком подходе многократно упоминавшаяся выше переменная y может быть записана как dn/dt . Как мы помним, темпы роста

³⁹ При этом уровень планетарной сложности на данный момент времени будет исчисляться числом (n) происшедших до данного момента времени «биосферных революций» (по Панову – Фомину) или «скачков сложности» / *complexity jumps* (по Модису) (исходя из допущения, что каждый «скачок сложности») добавляет к текущему n еще один порядок/уровень сложности.

планетарной сложности ($y = dn/dt$) увеличивались в ряду Панова⁴⁰ по закону, заметно отличному от уравнения, описывающего динамику роста темпов увеличения численности населения Земли (18):

$$y = \frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{2027-t}. \quad (11)$$

При этом решение дифференциального уравнения (11) дает следующий результат:

$$n_t = A - C_1 \cdot \ln(2027 - t), \quad (19)$$

где A – константа⁴¹.

Таким образом, планетарная сложность (n) растет по существенно другому закону, чем численность

⁴⁰ Впрочем, в ряду Модиса – Курцвейла они увеличивались по тому же самому закону (при нескольких других значениях параметров C_1 и t^*).

⁴¹ Между прочим, проделанные А. А. Фоминым (2018) расчеты позволяют установить значение этой константы для ряда Панова. Она оказывается равной величине $\ln T / \ln \alpha$, где T – это время существования жизни на Земле (которое может быть примерно оценено как 4 млрд лет), а α – это «коэффициент ускорения исторического времени, показывающий, во сколько раз каждая последующая эпоха короче предыдущей» (Панов 2005: 128) (подробнее о коэффициенте α см. ниже). Подробнее см. Приложение 2.

населения мира (N) (см. Табл. 4):

Как мы видим, численность населения Земли (N) росла (до начала 1970-х гг.) по простому гиперболическому закону ($N_t = C/t^* - t$), а планетарная сложность увеличивалась по логарифмически-гиперболическому закону ($n_t = \text{const} - C \cdot \ln(t^* - t)$).

Кроме того, темпы роста численности населения мира (dN/dt) менялись (до начала 1970-х гг.) по КВАДРАТИЧНО-гиперболическому закону ($dN/dt = C/(t^* - t)^2$), а темпы роста планетарной сложности менялись по ПРОСТОМУ гиперболическому закону ($dn/dt = C/t^* - t$).

Тем не менее, остается вопрос – случайно ли то, что ТЕМПЫ роста глобальной сложности в ряде Панова (dn/dt) и численность населения Земли (N) вплоть до начала 1970-х годов росли по одному и тому же закону: $x_t = C/2027 - t$? Отметим, что проведенные А. А. Фоминым (2018) расчеты показывают, что это совсем не случайно.

Действительно, А. А. Фомин (2018) обращает внимание на то, что на протяжении социальной фазы Большой истории/универсальной эволюции население Земли между каждой парой биосферных революций увеличивалось примерно в одно и то же число раз (где-то порядка 2,8). Отметим, что это совсем не плохо согласуется со многими математическими моделями гиперболического роста численности населения Земли⁴², рассматривающим его как следствие функционирования механизма положительной обратной связи второго порядка между демографическим ростом и технологическим

42 См., например: Подлазов 2000, 2001, 2002; Коротаев, Малков, Халтурина 2005а, 2005б, 2007, 2008; Таагерера 1976; Kremer 1993; Tsirel 2004; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006а; Korotayev, S. Malkov 2012; Korotayev 2012, 2013; Korotayev, A. Malkov 2016; Grinin, Markov, Korotayev 2013, 2014, 2015.

развитием, когда технологическое развитие (наиболее ярко проявлявшееся именно в виде «биосферных революций» типа неолитической или промышленной) значительно ускоряло темпы роста населения, который (в силу действия принципа «чем больше людей, тем больше изобретателей») через механизмы коллективного обучения ускорял наступление каждой следующей «биосферной революции» (как правило, соответствовавшей новому технологическому прорыву). При этом А. А. Фомин (2018) достаточно убедительно показывает математически, что «если имеется гиперболический рост количества эволюционных единиц (обобщенное название народонаселения на случай и биологической эволюции), то прирост числа этих единиц в одно и то же количество раз α будет приводить к тому, что промежутки времени между моментами этих приростов будут сокращаться в точно такое же количество раз α – то есть, если между биосферными революциями население в среднем увеличивается в α раз, то и промежутки времени между каждой последующей парой биосферных революций будет сокращаться в α раз (Отметим, что последняя α это ничто иное, как то, что А. Д. Панов (2005: 128) называет «коэффициентом ускорения исторического времени, показывающим, во сколько раз каждая последующая эпоха⁴³ короче предыдущей»). При этом проведенные А. А. Фоминым эмпирические расчеты подтвердили, что среднее значение увеличения населения между биосферными революциями примерно равно среднему значению укорачивания времени между биосферными революциями. Расчеты Фомина показывают, что и то, и другое значение располагаются в интервале 2,5–2,8, что достаточно близко значению коэафициента α , эмпирически рассчитанному Пановым (2,67, см., например: Панов 2005: 130). Уже из того, что среднее значение увеличения населения между биосферными революциями примерно равно среднему значению укорачивания

43 Т.е. промежутков между «биосферными революциями»/«скачками сложности». – А.К.

времени между биосферными революциями вытекает, что темпы роста глобальной сложности (dn/dt) должны быть пропорциональны численности населения Земли (N), а значит, что N и dn/dt должны расти по одному закону. Действительно, если N увеличилось в α раз, то расстояние до следующей биосферной революции должно сократиться в α раз. Но скорость роста глобальной сложности (dn/dt) мы рассчитываем как раз как «1» деленную на число лет между биосферными революциями (что и дает нам «число биосферных революций в год»). Таким образом, сокращение времени между биосферными революциями в α раз по определению означает увеличение интенсивности глобальной макроэволюции (dn/dt) в α раз. А значит, что если увеличение N в α раз сопровождается сокращением времени между биосферными революциями в α раз, а сокращение времени между биосферными революциями в α раз означает увеличение интенсивности глобальной макроэволюции (dn/dt) в α раз, то увеличение N в α раз должно сопровождаться увеличением dn/dt в α раз, что значит что N пропорционально dn/dt , и они растут по одному закону

Покажем это теперь более формально. Прежде всего отметим, что представление количества эволюционных единиц в виде сумм возрастающих геометрической и/или арифметической прогрессий, а приближения к точке сингулярности в виде суммы убывающей геометрической прогрессии интервалов времени между фазовыми переходами впервые было сформулировано в одной из работ С. В. Циреля (2009). Однако, ввиду весьма сжатого и ненаглядного изложения этих представлений в упомянутой статье проведем иное более наглядное доказательство. Так как движение от одной биосферной революции до другой сопровождается ростом населения N в α раз и увеличением индекса глобальной сложности n на одну единицу получаем:

$$N = k \cdot \alpha^n, \quad (20)$$

где k – коэффициент пропорциональности между N и α^n .⁴⁴

Так как

$$N_t = \frac{C_2}{2027-t}, \quad (15)$$

получаем:

$$k \cdot \alpha^n = \frac{C_2}{2027-t}. \quad (21)$$

Отсюда:

$$\ln(k \cdot \alpha^n) = \ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right), \quad (22)$$

$$\ln(k) + \ln(\alpha^n) = \ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right), \quad (23)$$

$$\ln(k) + n \ln(\alpha) = \ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right), \quad (24)$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right) - \ln(k)}{\ln(\alpha)}. \quad (25)$$

Дифференцируя выражение (25), получаем:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{\ln(\alpha)} \cdot \frac{1}{2027-t}, \quad (26)$$

или

$$\frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{2027-t}, \quad (11)$$

где $C_1 = 1/\ln(\alpha)$.⁴⁵

Таким образом мы аналитически получаем, что если население (N) растет гиперболически по закону $N_t = C_2/2027-t$, а между индексом глобальной сложности (n) и численностью населения Земли (N) существует соотношение $N = k \cdot \alpha^n$, то темпы роста глобальной сложности (dn/dt) будут расти по тому же гиперболическому закону ($dn/dt =$

44 Отметим, что проведенная А. А. Фоминым (2018) эмпирическая проверка подтвердила наличие этой нетривиальной зависимости.

45 Отметим между прочим, что проведенные нами расчеты, позволили нам установить аналитически значение параметра C_1 в уравнении (11).

$C_1/2027-t$), что и численность населения Земли.

Итак, проведенные расчеты заставляют предполагать, что то обстоятельство, что ТЕМПЫ роста глобальной сложности в ряде Панова (dn/dt) и численность населения Земли (N) вплоть до начала 1970-х годов росли по одному и тому же закону ($x_t = C/2027-t$), является отнюдь не случайностью, а проявлением достаточно глубокой закономерности. Таким образом, на социальной фазе универсальной и глобальной истории гиперболический рост темпов увеличения глобальной сложности и гиперболический рост численности населения Земли оказываются двумя теснейшим образом связанными сторонами единого процесса.

Приложение 2.

О некоторых закономерностях ускорения темпов глобального макроэволюционного развития. Дополнительные расчеты

Как было показано А. Д. Пановым⁴⁶, для построенного им ряда «биосферных революций» наблюдается следующее соотношение:

$$t_n = t^* - \frac{T}{\alpha^n}, \quad (27)$$

«где $\alpha > 1$ - коэффициент ускорения исторического времени, показывающий, во сколько раз каждая последующая эпоха короче предыдущей, T задает длительность всего описываемого промежутка времени⁴⁷, n - номер революции, а t^* - некоторый момент времени, который можно назвать моментом сингулярности» (Панов 2005: 128). Отметим, что, как мы показали выше, n также вполне можно интерпретировать как индекс глобальной сложности.

46 См., например: Панов 2004, 2005, 2008; Panov 2005.

47 Как уже упоминалось выше, T вполне можно рассматривать как время существования жизни на Земле и приравнивать к 4 млрд (лет).

Для дальнейших расчетов А. Д. Панов (2005: 129) преобразует уравнение (27) следующим образом:

$$\lg(t^* - t_n) = \lg(T) - n \cdot \lg(\alpha). \quad (28)$$

Однако А. А. Фомин (2018) показывает, что для дальнейшего анализа модели Панова лучше использовать несколько другой вариант преобразования уравнения (27):

$$\ln(t^* - t_n) = \ln(T) - n \cdot \ln(\alpha). \quad (29)$$

Действительно, уравнение (29) может быть переписано следующим образом:

$$n \cdot \ln(\alpha) = \ln(T) - \ln(t^* - t_n), \quad (30)$$

$$n = \frac{\ln(T)}{\ln(\alpha)} - \frac{1}{\ln(\alpha)} \cdot \ln(t^* - t_n), \quad (31)$$

$$n_t = A - C_1 \cdot \ln(t^* - t), \quad (19)$$

где $A = \ln(T)/\ln(\alpha)$, а $C_1 = 1/\ln(\alpha)$.

В то же самое время, как мы помним, алгебраическое уравнение (19) является решением следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{t^* - t}. \quad (11)$$

Таким образом, мы получаем те самые уравнения (19) и (11), которые были получены нами несколько иным путем.

Отметим, что по расчетам А. Д. Панова значение параметра α оказалось равным 2,67, что, как заметил сам Панов, является крайне близким численному значению числа e (2,718...), и нельзя исключать, что «коэффициент ускорения исторического времени» окажется, действительно, столь близким к числу e , что параметр α в уравнениях (11), (31) и (0) можно заменить на e . В этом случае, набор уравнений, описывающих гиперболическое ускорение темпов глобального макроэволюционного развития оказывается особенно элегантным по своей простоте. Действительно, с учетом того, что в уравнении

$$n_t = A - C_1 \cdot \ln(2027 - t), \quad (19)$$

$A = \ln(T)/\ln(\alpha)$, а $C_1 = 1/\ln(\alpha)$, подставляя e вместо α , получаем:

$$n_t = \ln(T) - \ln(2027 - t), \quad (32)$$

С учетом того, что в уравнении

$$\frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{2027-t} \quad (11)$$

$C_1 = 1/\ln(\alpha)$, подставляя e вместо α , получаем:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{2027-t}, \quad (33)$$

Кроме того, уравнение⁴⁸

$$N = k \cdot \alpha^n, \quad (20)$$

при подстановке e вместо α приобретает вид

$$N = k \cdot e^n, \quad (34)$$

из чего вытекает, что

$$n = \ln(N) - \ln(k), \quad (35)$$

В результате, набор уравнений, описывающих гиперболическое ускорение темпов глобального макроэволюционного развития оказывается действительно элегантным по своей простоте:

$$n_t = \ln(T) - \ln(2027 - t), \quad (32)$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{2027-t} \quad (33)$$

$$N = k \cdot e^n, \quad (34)$$

$$n = \ln(N) - \ln(k), \quad (35)$$

где, напомним, n обозначает индекс глобальной сложности, T – время существования жизни на Земле (~4 млрд лет), а N – численность населения Земли.

Однако, конечно, трудно не согласиться с А. Д. Пановым (2005: 130) в том, что «вопрос о том, есть ли в [том, что значение коэффициента α близко значению числа e ,] глубокий смысл, остается открытым»...

⁴⁸ Отметим, что подсчеты А. А. Фомина (2018) показывают, что если при расчете при помощи уравнения (11) в качестве t брать не момент начала периода по которому вычисляется производная, а его середину, то значение параметра C_1 оказывается ближе скорее к 1, чем к 2.

Библиография

- Акаев А. А. 2010. Фундаментальные пределы экономического роста и потребления. *Системный мониторинг глобальных и региональных рисков 2*: 12–30.
- Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. 2014. Современная ситуация и контуры будущего. *Комплексный системный анализ, математическое моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС. Предварительные результаты* / Отв. ред. А.А. Акаев, А.В. Коротаев, С.Ю. Малков. М.: Кранд/URSS. С. 10–31.
- Антисери Д., Реале Дж. 2001. *Западная философия от истоков до наших дней. Античность, средневековье*. СПб.: Петрополис (перевод на русский Д. Antiseri, G. Reale, Il pensiero occidentale dalle origini ad oggi. Editrice LA SCUOLA, Brescia, 1983-1994).
- Балашова Н. А., Савченко В. А., Сажинко Е. В., Назаретян А. П. 2017. Мегаистория и глобальные вызовы XXI века: синергетическая модель. *Историческая психология и социология истории* 10(1): 193–212.
- Биган Д. 2004. Планета человекообразных. *В мире науки* (11): 68–77.
- Борисковский П. И. 1970. Ашельская культура. *Большая советская энциклопедия*. Т. 2. М.: Советская энциклопедия. С. 471.
- Борисковский П. И. 1974а. Олдовой. *Большая советская энциклопедия*. Т. 18. М.: Советская энциклопедия. С. 369.
- Борисковский П. И. 1974б. Мустьерская культура. *Большая советская энциклопедия*. Т. 17. М.: Советская энциклопедия. С. 134.
- Борисковский П. И. 1978. Шелльская культура. *Большая советская энциклопедия*. Т. 29. М.: Советская энциклопедия. С. 377.
- Вайнберг С. 1981. *Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной*. М.: Энергоиздат.

- Вишневский А. Г. 1976. *Демографическая революция*. М.: Статистика.
- Вишневский А. Г. 2005. *Избранные демографические труды*. Т. 1. *Демографическая теория и демографическая история*. М.: Наука.
- Вонг К. 2003. У колыбели *Homo sapiens*. В *мире науки* (11): 9–10.
- Галимов Э. М. 2001. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. *Происхождение и принципы эволюции*. М.: Едиториал УРСС.
- Гринченко С. Н. 2001. Социальная метаэволюция Человечества как последовательность шагов формирования механизмов его системной памяти. *Электронный журнал «Исследовано в России»* 145: 1652–1681.
- Гринченко С. Н. 2004. *Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры)*. М.: ИПИ РАН, Мир.
- Гринченко С. Н. 2006. История Человечества с информатико-кибернетических позиций: проблемы периодизации. *История и Математика* 1: 38–52.
- Гринченко С.Н. 2007. *Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы)*. М.: ИПИ РАН.
- Гринченко С.Н. 2015. Моделирование: индуктивное и дедуктивное. *Проблемы исторического познания* / Отв. ред. К.В. Хвостова. М.: ИВИ РАН. С. 95–101.
- Гринченко С. Н., Щапова Ю. Л. 2017. Палеоантропология, хронология и периодизация археологической эпохи: числовая модель. *Пространство и Время* 1 (27): 72–82.
- Дьяконов И. М. 1994. *Пути истории. От древнейшего человека до наших дней*. М.: Восточная литература.
- Заварзин Г. А. 2003. Становление системы биогеохимических циклов. *Палеонтологический журнал* (6): 16–24.
- Зайцев А. И. 2001. *Из наследия А. И. Зайцева*. Т. 1. *Культурный переворот в Греции VIII-V вв. до н.э.* СПб.: Петрополис.
- Зинькина Ю. В., Коротаев А. В. 2017. *Социально-демографическое развитие стран Тропической Африки: Ключевые факторы риска, модифицируемые управляющие параметры, рекомендации*. М.: Ленанд/URSS.
- Зинькина, Ю. В., Шульгин, С. Г., Коротаев, А. В. 2016. *Эволюция глобальных сетей. Закономерности, тенденции, модели*. М.: Ленанд/URSS.
- Капица С. П. 1992. Математическая модель роста населения мира. *Математическое моделирование* 4(6): 65–79.
- Капица С. П. 1996. Феноменологическая теория роста населения Земли. *Успехи физических наук* 166(1): 63–80.
- Капица С. П. 1999. *Сколько людей жило, живет и будет жить на земле*. М.: Наука.
- Капица С. 2007. Демографический переход и будущее человечества. *Вестник Европы* (21): 7–16.
- Келлер Б. М. 1975. Палеозойская группа (эра). *Большая советская энциклопедия*. Т. 19. М.: Советская энциклопедия.
- Коротаев А. В. 2006. Периодизация истории Мир-Системы и математические макромодели социально-исторических процессов. *История и Математика: Проблемы периодизации исторических макропроцессов* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков. М.: УРСС. С. 116–167.
- Коротаев А. В. 2007. Макродинамика урбанизации Мир-Системы: количественный анализ. *История и Математика: Макроисторическая динамика общества и государства* / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. М.: КомКнига/URSS. С. 21–39.
- Коротаев А. В. 2010а. Компактные математические модели долгосрочного развития Мир-Системы. *Уральский исторический вестник* 3: 15–24.
- Коротаев А. В. 2010б. Компактные математические модели развития Мир-Системы. *Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики* / Отв. ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий. М.: ЛКИ/URSS. С. 70–92.

- Коротаев А. В. 2015. Глобальный демографический переход и фазы дивергенции – конвергенции центра и периферии Мир-Системы. *Вестник Института экономики Российской академии наук* (1): 149–162.
- Коротаев А. В. 2016. Великая дивергенция и великая конвергенция как фазы процесса модернизации. *География мирового развития*. Выпуск 3 / Под ред. Л.М.Синцера. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 49–60.
- Коротаев, А. В., Билюга, С. Э. 2016. О некоторых современных тенденциях мирового экономического развития. *Вестник Института экономики Российской академии наук* (4): 20–39.
- Коротаев А. В., Божевольнов Ю. В. 2010. Некоторые общие тенденции экономического развития Мир-Системы. *Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики* / Ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий. М.: ЛКИ/URSS. С. 161–171.
- Коротаев А. В., Комарова Н. Л., Халтурина Д. А. 2007. *Законы истории. Вековые циклы и тысячелетние тренды. Демография. Экономика. Войны*. М.: КомКнига/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2005а. *Законы истории: Математическое моделирование исторических макропроцессов (Демография. Экономика. Войны)*. М.: КомКнига/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2005б. Компактная математическая макро модель технико-экономического и демографического развития Мир-Системы (1–1973 гг.) *История и синергетика: Математическое моделирование социальной динамики* / Ред. С. Ю. Малков, А. В. Коротаев. М.: КомКнига/URSS. С. 6–48.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007. *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура*. М.: КомКнига/URSS.
- Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2008. Компактная математическая модель экономического и демографического развития Мир-Системы (1–1973 гг.). *Экономика и математические методы* 44(4): 90–101.
- Коротаев А. В., Марков А. В. 2006. Механизм гиперболического роста в биологических и социальных системах. *Философские науки* (11): 138–141.
- Коротаев А. В., Халтурина Д. А. 2009. *Современные тенденции мирового развития*. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.
- Коротаев А. В., Халтурина Д. А., Божевольнов Ю. В. 2010. *Законы истории. Вековые циклы и тысячелетние тренды. Демография. Экономика. Войны*. 3-е изд. М.: ЛКИ/URSS.
- Коротаев А. В., Халтурина Д. А., Малков А. С., Божевольнов Ю. В., Кобзева С. В., Зинькина Ю. В. 2010. *Законы истории. Математическое моделирование и прогнозирование мирового и регионального развития*. 3-е изд., испр. и доп. М.: ЛКИ/URSS.
- Кринг Д., Дурда Д. Д. 2004. День, когда мир был сожжен. *В мире науки* (3): 56–63.
- Крылов О. В. 1999. Будет ли конец науки. *Российский химический журнал* 43(6): 96–106.
- Крылов О. В. 2002. Динамика развития химической науки. *Российский химический журнал* 46(3): 96–99.
- Крылов О. В. 2007. Современная наука: близкий конец или завершение очередного этапа? *Российский химический журнал* 51(3): 71–78.
- Кэррол Р. 1992. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 1. М.: Мир.
- Кэррол Р. 1993а. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 2. М.: Мир.
- Кэррол Р. 1993б. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 3. М.: Мир.
- Лопатин Н. В. 1983. Древние биосферы и генезис горючих ископаемых. *Палеонтология и эволюция биосферы. Труды XXV сессии всесоюзного палеонтологического общества*. Л.: АН СССР.
- Марков А. В., Анисимов В. А., Коротаев А. В.

2010. Взаимосвязь размера генома и сложности организма в эволюционном ряду от прокариот к млекопитающим. *Палеонтологический журнал* (4): 3–14.
- Марков А.В., Анисимов В.А., Коротаев А.В. 2011. Гиперэкспоненциальный рост минимального размера генома в эволюционном ряду от прокариот к млекопитающим. *Эволюция* 3: 113–154.
- Марков А. В., Коротаев А. В. 2007. Динамика разнообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста. *Журнал общей биологии* 68(1): 3–18.
- Марков А. В., Коротаев А. В. 2008а. Гиперболический рост разнообразия морской и континентальной биот фанерозоя и эволюция сообществ. *Журнал общей биологии* 69(3): 175–194.
- Марков А. В., Коротаев А. В. 2008б. Гиперболический рост биоразнообразия в фанерозое объясняется ростом сложности и устойчивости сообществ. *Современные проблемы биологической эволюции* / Ред. А. С. Рубцов. М.: Издательство Государственного Дарвиновского музея. С. 278–323.
- Марков А. В., Коротаев А. В. 2008в. Динамика разнообразия морской и континентальной биоты фанерозоя соответствует модели гиперболического роста. *Геобиосферные события и история органического мира* / Ред. Т. Н. Богданова, Н. Г. Крымгольц. СПб.: Палеонтологическое общество РАН. С. 108–110.
- Марков А. В., Коротаев А. В. 2009а. *Гиперболический рост в живой природе и обществе*. М.: Либроком/URSS.
- Марков А. В., Коротаев А. В. 2009б. О причинах ускорения роста разнообразия морской и континентальной биоты фанерозоя: факты и модели. *Синтетическая теория эволюции: состояние, проблемы, перспективы* / Ред. И. Д. Соколов. Луганск: Элтон-2. С. 37–39.
- Муратов М. В., Вахрамеев В. А. 1974. Мезозойская группа (эра). *Большая советская энциклопедия*. Т. 16 М.: Советская энциклопедия. С. 6–8.
- Назаретян А. П. 2004. *Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории*. Изд. 2-е., переработанное и дополненное. М.: Пер се.
- Назаретян А. П. 2005. Знает ли история сослагательное склонение? (Мегаисторический взгляд на альтернативные модели). *Философские науки* (2): 7–18.
- Назаретян А. П. 2009. Смыслообразование как глобальная проблема современности: синергетический взгляд. *Вопросы философии* (5): 3–19.
- Назаретян А. П. 2013. Середина XXI века: загадка сингулярности. *Философские науки* (9): 15–24.
- Назаретян А. П. 2014. «Национальная идея»: Россия в глобальных сценариях XXI века. *Историческая психология и социология истории* 7(1): 75–91.
- Назаретян А. П. 2015а. Мегаистория и ее «загадочная сингулярность». *Вестник Российской академии наук* 85(8): 755–764. DOI: 10.7868/S0869587315080216
- Назаретян А. П. 2015б. *Нелинейное будущее. Мегаистория, синергетика, культурная антропология и психология в глобальном прогнозировании*. М.: Аргамак-Медиа.
- Панов А.Д. 2004. Автомодельный аттрактор социально-биологической эволюции на Земле и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни. *Бюллетень Научно-культурного центра SETI Академии космонавтики им. К.Э.Циолковского* 7(24): 4–21.
- Панов А. Д. 2005. Сингулярная точка истории. *Общественные науки и современность* (1): 122–137.
- Панов А. Д. 2006. Сингулярность Дьяконова. *История и математика* 1: 31–37.
- Панов А.Д. 2008. *Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI)*. М.: ЛКИ/URSS.

- Панов А. Д. 2009. Наука как явление эволюции. *Эволюция* 1: 99–127.
- Панов А. Д. 2013. Макроэволюция и наука. *Наукоевческие исследования*. М.: Российская академия наук, Институт информации по общественным наукам. С. 215–256.
- Подлазов А. В. 2000. *Теоретическая демография как основа математической истории*. М.: ИПМ РАН.
- Подлазов А. В. 2001. *Основное уравнение теоретической демографии и модель глобального демографического перехода*. М.: ИПМ РАН.
- Подлазов А. В. 2002. Теоретическая демография. Модели роста народонаселения и глобального демографического перехода. *Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие* / Ред. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов. М.: Наука. С. 324–345.
- Подлазов, А. В. (2017). Теория глобального демографического процесса. *Вестник Российской академии наук* (6): 520–531.
- Римашевская Н. М., Доброхлеб В. Г., Медведева Е. А, Крошилилин С. В. 2012. Демографический переход – специфика российской модели. *Народонаселение* (1): 23-31.
- Розанов А. Ю. 1986. *Что произошло 600 миллионов лет назад*. М.: Наука.
- Розанов А. Ю. 2003. Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы. *Палеонтологический журнал* (6): 41–49.
- Розанов А. Ю., Заварзин Г. А. 1997. Бактериальная палеонтология. *Вестник РАН* 67(3): 241–245.
- Романчук А. А., Медведева О. В. 2009. Глобальный демографический переход и его биологические параллели. *Эволюция* 1: 244–269.
- Садовничий В. А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. 2014. *Комплексное моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в контексте мировой динамики*. М.: Наука.
- Федонкин М. А. 2003. Сужение геохимического базиса жизни и эвкалириотизация биосферы: причинная связь. *Палеонтологический журнал* (6): 33–33.
- Фомин А. А. 2018. Сквозная гиперболическая эволюция от биосферы до техносферы. *Эволюция* 10.
- Фуули Р. 1990. *Еще один неповторимый вид. Экологические аспекты эволюции человека*. М.: Мир.
- Цирель С. В. 2009. Скорость эволюции: пульсирующая, замедляющаяся, ускоряющаяся. *Эволюция* 1: 62–98.
- Цирель С. В. 2018. Big History и Singularity как метафоры, гипотезы и прогноз. *Эволюция* 10.
- Шанцер Е. В. 1973. Кайнозойская группа (эра). *Большая советская энциклопедия*. Т. 11. М.: Советская энциклопедия. С. 185-186
- Щапова Ю. Л., Гринченко С. Н. 2017. *Введение в теорию археологической эпохи: числовое моделирование и логарифмические шкалы пространственно-временных координат*. М.: Исторический факультет Моск. Ун-та, Федеральный исслед. Центр «Информатика и управление» РАН.
- Ясперс, К. 1991. *Смысл и назначение истории*. М.: Политиздат.
- A. H. 1975. Mesozoic era. *The New Encyclopedia Britanica*, 15th ed., vol. 11, Chicago: Encyclopedia Britanica, Inc. pp. 1013–1017.
- A. P. 1975. *Cenozoic era*. The New Encyclopedia Britanica, 15th ed., vol. 3, Chicago: Encyclopedia Britanica, pp. 1079–1083.
- Adams H. 1969 [1909]. The Rule of Phase Applied to History. *The Degradation of the Democratic Dogma* / H. Adams. New York, NY: Harper & Row. P. 267–311.
- Alvarez L. W., Alvarez W., Asaro F., Michel H. V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208(4448): 1095–1108. DOI: 10.1126/science.208.4448.1095
- Barrow J.D., J. Silk J. 1980. The structure of the early universe. *Scientific American* 242 (4): 118–128.
- Begun D.R. 2003. Planet of the apes. *Scientific American* 289 (2): 64–73.

- Burenhult G. 1993. (Ed.). *The First Humans: Human Origins and History to 10,000 BC*. San Francisco: Harper.
- Caldwell J. C., Caldwell B. K., Caldwell P., McDonald P. F., Schindlmayr T. 2006. *Demographic transition theory*. Dordrecht: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4020-4498-4
- Callaghan V., Miller J., Yampolskiy R., Armstrong S. 2017. *Technological Singularity*. Dordrecht: Springer. DOI: 10.1007/978-3-662-54033-6
- Carroll R. L. 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Cervellati M., Sunde U., Zimmermann K. F. 2017. Demographic dynamics and long-run development: insights for the secular stagnation debate. *Journal of Population Economics* 30(2): 401–432. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00148-016-0626-8>
- Chaisson E. J. 2006. *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*. New York: Columbia University Press.
- Chesnais J. C. 1992. *The demographic transition: Stages, patterns, and economic implications*. Oxford: Clarendon Press.
- Choi Y. 2016. Demographic transition in sub-Saharan Africa: Implications for demographic dividend. *Demographic Dividends: Emerging Challenges and Policy Implications*. Dordrecht: Springer. P. 61–82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32709-9_4
- Christian D. 1991. The case for 'big history'. *Journal of World History* 2 (2): 223–237.
- Christian D. 2008. *Big History: The Big Bang, Life on Earth, and the Rise of Humanity*. Chantilly, VA: The Teaching Company.
- Diakonov I. M. 1999. *The paths of history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dyson T. 2010. *Population and development. The demographic transition*. London: Zed Books.
- Eden A. H., Moor J. H., Søraaker J. H., E. Steinhart. 2012. (Eds.). *Singularity Hypotheses: A Scientific and Philosophical Assessment*. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-32560-1
- Foerster H. von, Mora P. M., Amiot L. W. 1960. Doomsday: Friday, 13 November, AD 2026. *Science* 132 (3436): 1291–1295.
- Gordon R. J. 2012. *Is US economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Gould W. T. S. 2009. *Population and Development*. London: Routledge.
- Grinchenko S.N. 2006. Meta-evolution of Nature System – The Framework of History. *Social Evolution & History* 5 (1): 42–88.
- Grinchenko S.N. 2011. *The Pre- and Post-History of Humankind: What is it? Problems of Contemporary World Futurology*. Newcastle-upon-Tyne: Cambridge Scholars Publishing. P. 341–353.
- Grinchenko S.N., Shchapova Y.L. 2010. Human History Periodization Models. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 80 (6): 498-506. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1019331610060055>
- Grinchenko S.N., Shchapova Y.L. 2016. Archaeological epoch as the succession of generations of evolutive subject-carrier archaeological sub-epoch. *Philosophy of Nature in Cross-Cultural Dimensions*. Vienna: University of Vienna. P. 423–439.
- Grinchenko S.N., Shchapova Y.L. 2017. Archaeological Epoch as the Succession of Generations of Evolutive Subject-Carrier Archaeological Sub-Epoch. *Philosophy of Nature in Cross-Cultural Dimensions*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač. P. 478–499.
- Grinin L., Korotayev A. 2015. *Great Divergence and Great Convergence. A Global Perspective*. New York, NY: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-17780-9
- Grinin L., Markov A., Korotayev A. 2013. On similarities between biological and social evolutionary mechanisms: Mathematical modeling. *Cliodynamics* 4(2): 185–228.
- Grinin L. E., Markov A. V., Korotayev A. V. 2014. Mathematical modeling of biological and social evolutionary macro-trends. *History & Mathematics*

- 4: 9–48.
- Grinin L. E., Markov A. V., Korotayev A. V. 2015. Modeling of Biological and Social Phases of Big History. *Evolution* 4: 111–150.
- Heidmann J. 1989. *Cosmic Odyssey*. Cambridge: Cambridge University Press (Simon Mitton, Trans.).
- Hoerner S. J. von. 1975. Population Explosion and Interstellar Expansion. *Journal of the British Interplanetary Society* 28: 691–712.
- Huebner J. 2005. A possible declining trend for worldwide innovation. *Technological Forecasting and Social Change* 72(8): 980–986. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.01.003>
- J.B.W. 1975. Paleozoic era, upper. *The New Encyclopedia Britannica*, 15th ed., vol. 13, Chicago: Encyclopedia Britannica. P. 921–930.
- Jaspers K. 1949. *Vom Ursprung und Ziel der Geschichte*. München: Piper.
- Jaspers K. 1953. *The Origin and Goal of History*. London: Routledge & Keegan Paul.
- Jaspers K. 1955. *Von Ursprung und Ziel der Geschichte*. Frankfurt/Main: Fisher Bucherei.
- Johansen A., Sornette D. 2001. Finite-time Singularity in the Dynamics of the World Population and Economic Indices. *Physica A* 294(3–4): 465–502. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(01)00105-4).
- Johanson D., Edgar B. 1996. *From Lucy to Language*. New York: Simon and Schuster.
- Jones, C. 2018. *Aging, secular stagnation and the business cycle*. Washington, DC: International Monetary Fund.
- Jones S. 1994. (Ed.). *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kapitza S. P. 1996. The phenomenological theory of world population growth. *Physics-uspekhi* 39(1): 57–71.
- Kapitza S. P. 2003. The statistical theory of global population growth. *Formal descriptions of developing systems*. Springer: Dordrecht. P. 11–35. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-010-0064-2_2
- Kapitza S. P. 2006. *Global population blow-up and after*. Hamburg: Global Marshall Plan Initiative.
- Kapitza S. P. 2010. On the theory of global population growth. *Physics-Uspekhi* 53(12): 1287–1296.
- Khaltourina D. A., Korotayev A. V. 2007. A modified version of a compact mathematical model of the World system economic, demographic, and cultural development. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov, N. P. Tretyakov. Moscow: RUDN. P. 274–277.
- Khaltourina, D., Korotayev, A., & Malkov, A. 2006. A Compact Macromodel of the World System Demographic and Economic Growth, 1–1973 CE. *Cybernetics and Systems* / Ed. by R. Trappl. Vol. 1. Vienna: Austrian Society for Cybernetic Research. P. 330–335.
- Korotayev A. 2005. A compact macromodel of World System evolution. *Journal of World-Systems Research* 11(1): 79–93. DOI: <https://doi.org/10.5195/jwsr.2005.401>
- Korotayev A. V. 2006a. The world system history periodization and mathematical models of socio-historical processes. *History & Mathematics: Analyzing And Modeling Global Development* / Ed. by L. Grinin, V. de Munck A. Korotayev. Moscow: KomKniga/URSS. P. 39–98.
- Korotayev A. 2006b. The World System Urbanization Dynamics: A Quantitative Analysis. *History & Mathematics: Historical Dynamics and Development of Complex Societies* / Ed. by P. Turchin, L. Grinin, A. Korotayev, V. C. de Munck. Moscow: KomKniga/URSS. P. 44–62.
- Korotayev A. 2007a. Compact mathematical models of world system development, and how they can help us to clarify our understanding of globalization processes. *Globalization as Evolutionary Process: Modeling Global Change* / Ed. by G. Modelski, T. Devezas, W. R. Thompson. London: Routledge. P. 133–160.
- Korotayev A. 2007b. Secular Cycles and Millennial Trends: A Mathematical Model. *Mathematical*

- Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov, N. P. Tretyakov. Moscow: RUDN. P. 118–125.
- Korotayev A. 2008. Globalization and mathematical modeling of global development. *Hierarchy and Power in The History Of Civilizations: Political Aspects Of Modernity* / Ed. by L. E. Grinin, D. D. Beliaev, A. V. Korotayev. Moscow: LIBROCOM/URSS. P. 225–240.
- Korotayev A. 2009. Compact mathematical models of the world system development and their applicability to the development of local solutions in third world countries. *Systemic Development: Local Solutions in a Global Environment* / Ed. by J. Sheffield. Litchfield Park, AZ: ISCE Publishing. P. 103–116.
- Korotayev A. 2012. Globalization and mathematical modeling of global development. *Globalistics and Globalization Studies* 1: 148–158.
- Korotayev A. 2013. Globalization and Mathematical Modeling of Global Evolution. *Evolution: Development within Big History, Evolutionary and World-System Paradigms. Yearbook* / Ed. by L. E. Grinin and A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. P. 69–83.
- Korotayev A., Goldstone J., Zinkina J. 2015. Phases of global demographic transition correlate with phases of the Great Divergence and Great Convergence. *Technological Forecasting and Social Change* 95: 163–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.01.017>
- Korotayev A., Khaltourina D. 2006. *Introduction to Social Macrodynamics: Secular Cycles and Millennial Trends in Africa*. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A., Malkov A. 2016. A compact mathematical model of the World System economic and demographic growth, 1 CE – 1973 CE. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 10: 200–209.
- Korotayev A., Malkov A., Khaltourina D. 2006a. *Introduction to Social Macrodynamics: Compact Macromodels of the World System Growth*. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A., Malkov A., Khaltourina D. 2006b. *Introduction to Social Macrodynamics: Secular Cycles and Millennial Trends*. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A., Malkov S. 2012. Mathematical Models of the World-System Development. *Routledge Handbook of World-Systems Analysis*. Edited by Salvatore Babones and Christopher Chase-Dunn. London: Routledge. P. 158–161.
- Korotayev A. V., Markov A. V. 2014. Mathematical Modeling of Biological and Social Phases of Big History. *Teaching & Researching Big History: Exploring a New Scholarly Field* / Ed. by L. E. Grinin, D. Baker, E. Quaedackers, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. P. 188–219.
- Korotayev A. V., Markov A. V. 2015. Mathematical modeling of biological and social phases of big history. *Globalistics and Globalization Studies* 4: 319–343.
- Korotayev A., Zinkina J. 2017. Systemic boundary issues in the light of mathematical modeling of world-system evolution. *Journal of Globalization Studies* 8(1): 78–96.
- Kremer M. 1993. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108: 681–716. DOI: <https://doi.org/10.2307/2118405>
- Kurzweil R. 2001. The Law of Accelerating Returns. *KurzweilAI.net* 3-7-2001. URL: <http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html?printable=1>
- Kurzweil R. 2005. *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Viking Penguin.
- LePoire D. J. 2005. Application of logistic analysis to the history of physics. *Technological Forecasting and Social Change* 72(4): 471–479. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00044-1](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00044-1)
- LePoire, D. J. 2009. Exploration of Connections between Energy Use and Leadership Transitions. *Systemic Transitions*. New York: Palgrave Macmillan. P. 205–220. DOI: https://doi.org/10.1057/9780230618381_10

- LePoire D. 2013. Potential Economic and Energy Indicators of Inflection in Complexity. *Evolution* 3: 108–118.
- LePoire D. 2015. Interpreting «big history» as complex adaptive system dynamics with nested logistic transitions in energy flow and organization. *Emergence: Complexity and Organization* 17(1): 1E. DOI: 10.emerg/10.17357.dbe7c8d6fae7f082c4f33c5b35df8287
- LePoire D. J. 2016. Exploring Temporal Patterns in Big History Dynamics. *KronoScope* 16(2): 229–249. DOI: 10.1163/15685241-12341358
- Livi-Bacci M. 2012. *A concise history of world population*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Maddison A. 2007. *Contours of the World Economy, 1–2030*. Oxford: Oxford University Press.
- Markov A. V., Anisimov V. A., Korotayev A. V. 2010. Relationship between genome size and organismal complexity in the lineage leading from prokaryotes to mammals. *Paleontological Journal* 44(4): 363–373.
- Markov A. V., Korotayev A. V. 2007. Phanerozoic marine biodiversity follows a hyperbolic trend. *Palaeoworld* 16(4): 311–318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2007.01.002>
- Markov A. V., Korotayev A. V. 2008. Hyperbolic growth of marine and continental biodiversity through the Phanerozoic and community evolution. *Zhurnal obshchei biologii* 69(3): 175–194.
- Modis T. 2002. Forecasting the growth of complexity and change. *Technological Forecasting and Social Change* 69(4): 377–404. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(01\)00172-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(01)00172-X)
- Modis T. 2003. The Limits of Complexity and Change. *The Futurist* 37(3): 26–32.
- Modis T. 2005. Discussion of Huebner article comments by Theodore Modis. *Technological Forecasting and Social Change* 72: 987–988. DOI: 10.1016/j.techfore.2005.05.003
- Modis T. 2012. Why the Singularity Cannot Happen. In Eden A. H., J. H. Moor, J. H. Søraker, and E. Steinhart. (Eds.). *Singularity Hypothesis: A Scientific and Philosophical Assessment*. Berlin: Springer. P. 311–346. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-32560-1_16
- Nazaretyan A.P. 2003. Power and wisdom: toward a history of social behavior. *Journal of the Theory of Social Behaviour* 33(4): 405–425. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1468-5914.2003.00224.x>
- Nazaretyan A. P. 2005. Big (Universal) History Paradigm: Versions and Approaches. *Social Evolution & History* 4(1): 61–86.
- Nazaretyan A. P. 2015. Megahistory and its mysterious singularity. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 85(4): 352–361. DOI: 10.1134/S1019331615040061
- Nazaretyan A. P. 2016. Non-Linear Futures: The “Mysterious Singularity” in View of Mega-History. Between Past Orthodoxies and the Future of Globalization. *Contemporary Philosophical Problems*. Boston: Brill-Rodopi. P. 171–191.
- Nazaretyan A. P. 2017. Mega-History and the Twenty-First Century Singularity Puzzle. *Social Evolution & History* 16(1): 31–52.
- Nazaretyan A. 2018. The Polyfurcation Century: Does the Evolution on Earth Have a Cosmological Relevance? *Journal of Big History* 2(1): 27–41. DOI: Google’s <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v2i1.2253>
- Orgel L.E. 1998. The origin of life – How long did it take? *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 28: 91–96.
- Panov A. D. 2005. Scaling law of the biological evolution and the hypothesis of the self-consistent Galaxy origin of life. *Advances in Space Research* 36(2): 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.03.001>
- Panov A. D. 2011. Post-singular Evolution and Post-singular Civilizations. *Evolution* 2: 212–231.
- Panov A. D. 2017. *Singularity of Evolution and Post-Singular Development. From Big Bang to Galactic Civilizations. A Big History Anthology. Volume III. The Ways that Big History Works: Cosmos, Life, Society and our Future* / Ed. by B. Rodrigue, L. Grinin, A. Korotayev. Delhi: Primus Books. P. 370–402.

- Piketty T. 2014. *Capital in the Twenty-First Century*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Podlazov A. V. 2017. A theory of the global demographic process. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 87(3): 256–266. DOI: 10.1134/S1019331617030054
- Popović M. 2018. Technological Progress, Globalization, and Secular Stagnation. *Journal of Central Banking Theory and Practice* 7(1): 59–100. DOI: <https://doi.org/10.2478/jcbtp-2018-0004>
- Ranj B. 2016. chief futurist Ray Kurzweil thinks we could start living forever by 2029. *Business Insider* Apr. 20, 2016. URL: <http://www.techinsider.io/googles-chief-futurist-thinks-we-could-start-living-forever-by-2029-2016-4>.
- Reher D. S. 2011. Economic and social implications of the demographic transition. *Population and Development Review* 37: 11–33. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2011.00376.x>
- Sagan S. 1989. *The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human Intelligence*. New York: Ballantine Books.
- Shanahan M. 2015. *The technological singularity*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Schopf J. W. 1991. (Ed.). *Major Events in the History of Life*. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- Snooks G. D. 1996. *The Dynamic Society: Exploring the Sources of Global Change*. London: Routledge.
- Snooks G. D. 2005. Big History or Big Theory? Uncovering the Laws of Life. *Social Evolution & History* 4(1): 160–188.
- Summers L. H. 2016. The age of secular stagnation: What it is and what to do about it. *Foreign Affairs* 95 (2): 2–9.
- T.K. 1975. Paleozoic era, lower. *The New Encyclopedia Britannica*, 15th ed., vol. 13, Chicago: Encyclopedia Britannica, Inc. P. 916–920.
- Taagepera R. 1976. Crisis around 2005 AD? A technology-population interaction model. *General Systems* 21: 137–138.
- Taylor G., Tyers R. 2017. Secular stagnation: Determinants and consequences for Australia. *Economic Record* 93(303): 615–650. DOI: <https://doi.org/10.1111/1475-4932.12357>
- Teulings C., Baldwin R. 2014. (Eds.). *Secular Stagnation: Facts, Causes, and Cures*. London: CEPR.
- Tsirel S. V. 2004. On the Possible Reasons for the Hyperexponential Growth of the Earth Population. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov. Moscow: Russian State Social University. P. 367–369.
- UN Population Division. 2018. *United Nations population division database*. New York, NY: United Nations. URL: <http://www.un.org/esa/population>.
- Weinberg S. 1977. *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*. New York, NY: Basic Books.
- Wood B. 1992. Origin and evolution of the genus homo. *Nature* 355: 783–790. doi:10.1038/355783a0

The 21st Century Singularity and its Big History Implications: A re-analysis¹

Andrey Korotayev

(Eurasian Center for Big History & System Forecasting,
Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences,
National Research University Higher School of Economics,
Faculty of Global Studies of the Lomonosov Moscow State University)

Abstract: The idea that in the near future we should expect “the Singularity” has become quite popular recently, primarily thanks to the activities of Google technical director in the field of machine training Raymond Kurzweil and his book *The Singularity Is Near* (2005). It is shown that the mathematical analysis of the series of events (described by Kurzweil in his famous book), which starts with the emergence of our Galaxy and ends with the decoding of the DNA code, is indeed ideally described by an extremely simple mathematical function (not known to Kurzweil himself) with a singularity in the region of 2029. It is also shown that, a similar time series (beginning with the onset of life on Earth and ending with the information revolution – composed by the Russian physicist Alexander Panov completely independently of Kurzweil) is also practically perfectly described by a mathematical function (very similar to the above and not used by Panov) with a singularity in the region of 2027. It is shown that this function is also extremely similar to the equation discovered in 1960 by Heinz von Foerster and published in his famous article in the journal “Science” – this function almost perfectly describes the dynamics of the world population and is characterized by a mathematical singularity in the region of 2027. All this indicates the existence of sufficiently rigorous global macroevolutionary regularities (describing the evolution of complexity on our planet for a few billion of years), which can be surprisingly accurately described by extremely simple mathematical functions. At the same time it is demonstrated that in the region of the singularity point there is no reason, after Kurzweil, to expect an unprecedented (many orders of magnitude) acceleration of the rates of technological development. There are more grounds for interpreting this point as an indication of an inflection point, after which the pace of global evolution will begin to slow down systematically in the long term.

Correspondence | Andrey Korotayev, akorotayev@gmail.com

Citation | Korotayev, Andrey (2018) The 21st Century Singularity and its Big History Implications: A re-analysis . *Journal of Big History*, II(3); 73 - 119.

DOI | <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v2i3.2320>

Introduction

The issue of the Global History singularity (or even the Big History singularity) is being discussed rather actively nowadays (see, e.g., Eden et al. 2012; Shanahan 2015; Callaghan 2017; Nazaretyan 2015a, 2016, 2017, 2018). This subject has been made especially popular by Raymond Kurzweil, Google technical director in the field of machine training, first of all with his book *The Singularity Is Near* (2005), but also with such activities as the establishment of the Singularity University (2009) and so on. To the

field of the Big History the issue of the Singularity has been brought by such Big Historians as Graeme Donald Snooks (2005), Alexander Panov (2004, 2005a, 2005b, 2005c, 2006, 2008, 2011, 2017), and Akop Nazaretyan (2005a, 2005b, 2009, 2013, 2014, 2015a, 2015b, 2016, 2017, 2018). In the Big History perspective the “Singularity Hypothesis” might be of some interest, as it virtually suggests a rather exact dating of the onset of Big History Threshold 9 (around 2045 CE). However, let us find out if those calculations of the Singularity timing can indeed be used to identify the possible date of the nearest Big

1 This research has been supported by the Russian Foundation for Basic Research [Project # 17-06-00476].

History threshold.

Kurzweil – Modis Time Series and Mathematical Singularity

Raymond Kurzweil was one of the first to arrange the major evolutionary shifts of a very significant part of the Big History along the hyperbolic curve that can be described by an equation with a mathematical singularity. For example, at page 18 of his bestseller *The Singularity is Near* (2006) he reproduces the following figure (see Fig. 1)².

However, rather surprisingly, Kurzweil does not appear to have recognized that the curve represented at this figure is hyperbolic, and that it is described by an equation possessing a true mathematical singularity (what is more the value of this singularity, 2029, is not so far from the one professed by Kurzweil himself). This appears to be explained first of all by some mathematical inaccuracies of the Google technical director (suffice to mention that he consistently calls the global evolution acceleration pattern “exponential” without paying attention to the point that the exponential function does not have any singularity).

Against this background, it appears a bit surprising that Kurzweil himself does know about the notion of mathematical singularity and describes it more or less accurately. Indeed, at pages 22–23 of his bestseller he provides a fairly accurate description of the concept of “mathematical singularity”:

“To put the concept of Singularity into further perspective, let’s explore the history of the word itself. ‘Singularity’ is an English word meaning a unique event with, well, singular implications. The word was adopted by mathematicians to denote a value that transcends any finite limitation, such as the explosion of magnitude that

results when dividing a constant by a number that gets closer and closer to zero. Such a mathematical function never actually achieves an infinite value, since dividing by zero is mathematically ‘undefined’ (impossible to calculate). But the value of y exceeds any possible finite limit (approaches infinity) as the divisor x approaches zero” (p. 22–23).

What is more, he supplies his description of the concept of “mathematical singularity” at page 23 with a rather appropriate illustrating diagram (see Fig. 2).

However, having provided his fairly adequate description of the “mathematical singularity” concept, Kurzweil appears to be losing any interest in this concept – suddenly switching to the use of the term “singularity” by astrophysicists (p. 23).

One of the most enigmatic things in Kurzweil’s book is that he manages not to notice that the shape of the hyperbolic curve at his figure “A mathematical singularity” (page 23 of Kurzweil’s book, see Fig. 2 on page 74) is fundamentally identical (though, of course, rotated 180 degrees) with the one of the curve of his figure “Countdown to Singularity” (page 18 of the same book, see Fig. 1 on page 73). What is more, as we will see below, the mathematical model providing the best-fit approximation of the curve of the type seen in Fig. 1 is basically identical with the hyperbolic function displayed in Fig. 2, that is $y = k/x$. Thus, if Kurzweil had done a basic mathematical analysis of the time series in his Fig. 1, he would have found that it is best described by a mathematical equation of the type he features in his Fig. 2 (with such a really slight difference that we would have “2” rather than “1” in the equation’s numerator³). What is more, he would have discovered that the mathematical singularity of the best-fit equation describing Kurzweil’s “Countdown to Singularity” curve is 2029, which is not so much different from 2045, suggested by him

² Actually, a prototype of this figure (but in a double logarithmic scale) was reproduced by Kurzweil already in 2001 in his essay “The Law of Accelerating Returns” at page 5.

³ And with a slightly different calculation mode than the one that we will apply below, the denominator of this equation will be a number that is slightly different from “1”.

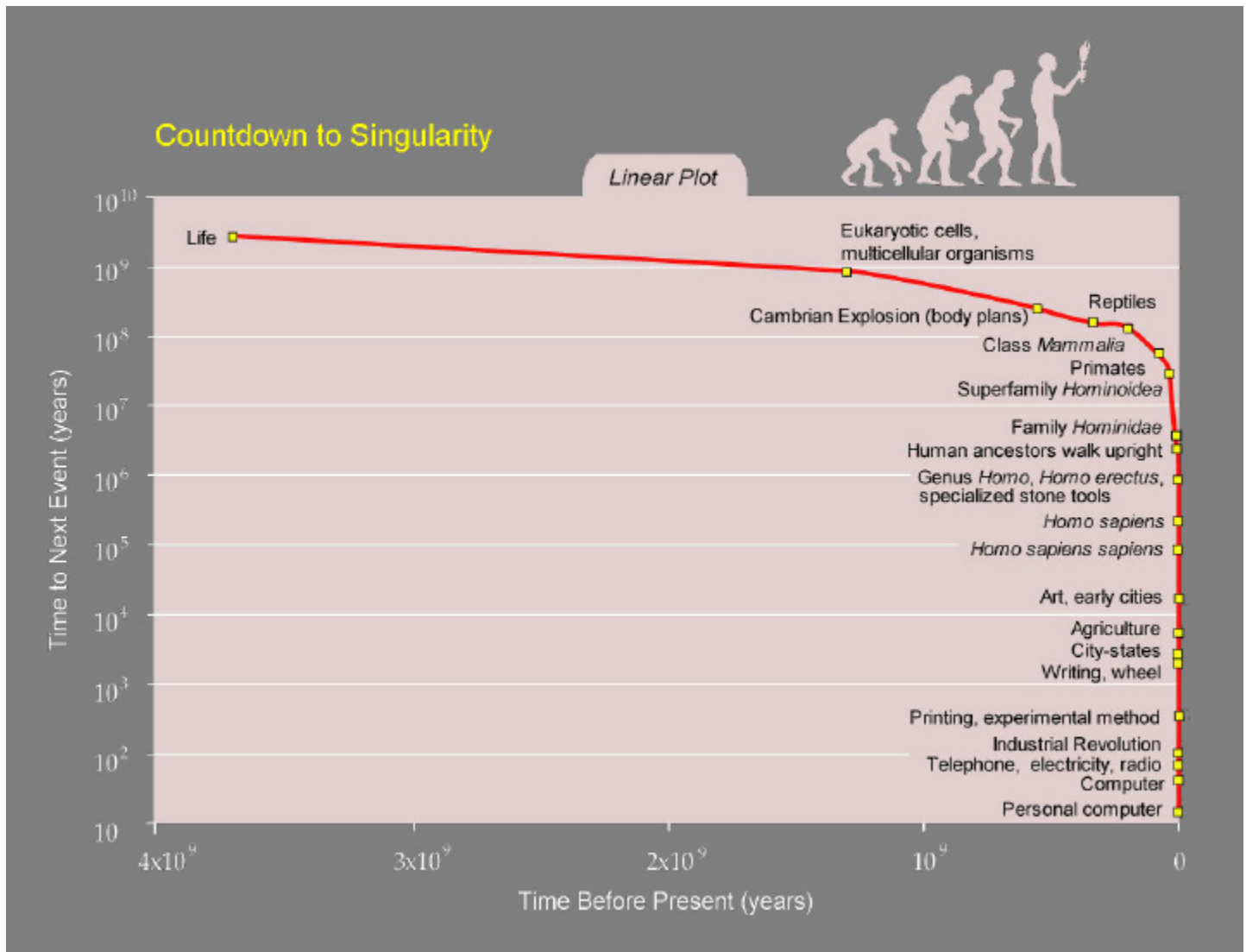


Fig. 1. “Countdown to Singularity” according to Raymond Kurzweil
 Source: Kurzweil 2005: 18.

in his book, and that is simply identical with the date proposed by Kurzweil most recently (Ranj 2016)⁴.

⁴ To be more exact, this is the date, when according to the most recent Kurzweil forecast, the humans will become immortal, which still can well be considered as a sort of singularity (as well as a rather valid candidate for the possible dating for Threshold 9 of the Big History) – even if we actually deal with the radical increase in the human (or posthuman?) life expectancy rather than with the immortality *per se*, as this would still imply the change of

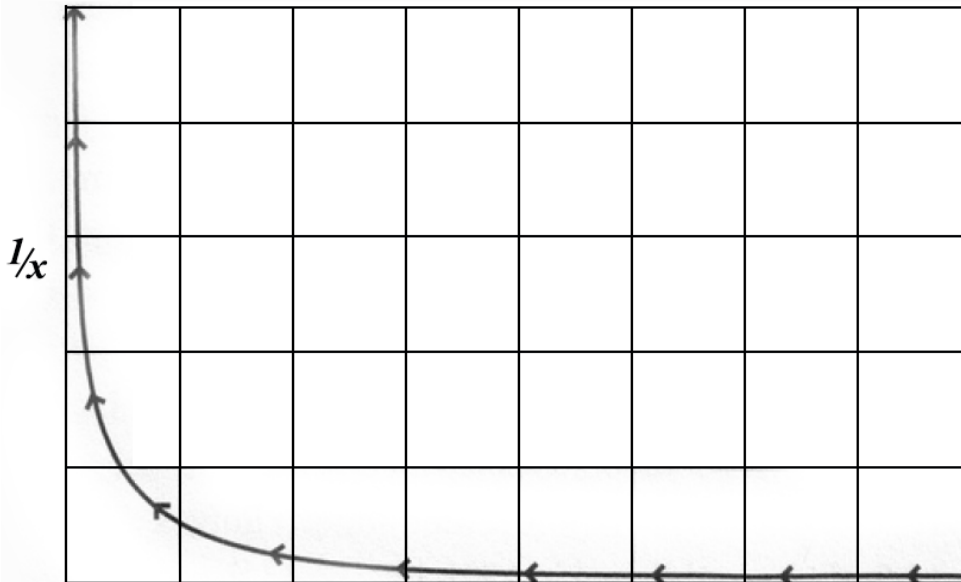
Panov’s transformation

Another amazing thing is that what was not done by Kurzweil in 2005, was done in 2003 by Alexander Panov⁵. Panov analyzed an essentially similar time

the biological nature of the humans, which cannot but affect the course of the human history in a rather dramatic way.

⁵ His calculations described below were first presented in November 2003 at the Academic Seminar of the State Astronomic Institute in Moscow (Nazaretyan 2005: 69)

A Mathematical Singularity *Linear Plot*



A mathematical singularity: As x approaches zero (from right to left), $1/x$ (or y) approaches infinity.

Fig. 2. A Mathematical Singularity

Source: Kurzweil 2005: 23.

series taken from entirely different sources but arrived at very similar conclusions, but in a much more advanced form. It is very important that he made a step (to which Kurzweil was very close but which he did not make actually) that allowed him to make the analysis of the time series in question much more transparent and to identify the singularity date in a rigorous way.

In his 2005 book Kurzweil plotted at the Y-axis of his diagrams “time to next event”, which hindered for him their interpretation in a rather significant way. In his 2001 essay at page 5 while analyzing a diagram with a similar time series (whose source, incidentally, was not indicated), Kurzweil began speaking about the acceleration of “paradigm shift rate” (Kurzweil 2001: 5), but (as is rather typical for the Google Chief and subsequently published in his articles (Panov 2004, 2005a, 2005b, 2006, 2011, 2017) and monograph (Panov 2008).

Engineer) almost immediately switched to another theme. However, what was necessary to make his diagrams much more intelligible was to plot at Y-axis not “Time to Next Event”, but just “Paradigm Shift Rate” – just as was done by Panov. Indeed, to transform the time to next paradigm shift into paradigm shift rate one needed to do a rather simple thing – to take one year and to divide it by time to next paradigm shift; this will yield number of paradigm shifts per year, that is just a “Paradigm Shift Rate”. As we have already said, this was not done by Kurzweil but was done by Panov who obtained the following graphs as a result (see Fig. 3).

At Figure 3 the right-hand diagram (3) depicts the acceleration of the global macroevolution rate starting from 4 billion BP, whereas the left-hand diagram (3b) describes this for the human part of the Big History⁶. Note immediately that Panov’s curve 3a is a mirror image of Kurzweil’s “Countdown to Singularity” graph (see Fig. 4).

However, the mathematical interpretation of Panov’s graph is much easier and more straightforward. Note that Panov himself denoted the variable plotted at Y-axis as “Frequency of the phase transitions per

⁶ Note that the left-hand diagram was only presented by Panov at the Academic Seminar of the State Astronomic Institute in November 2003, whereas in his printed works he only reproduces the right-hand diagram, using another visualization of the global macrodevelopment acceleration for the whole of the global history since 4 billion BP. On the other hand, the left-hand diagram was reproduced in print by Akop Nazaretyan (2015a: 357; 2018: 31) with reference to Panov.

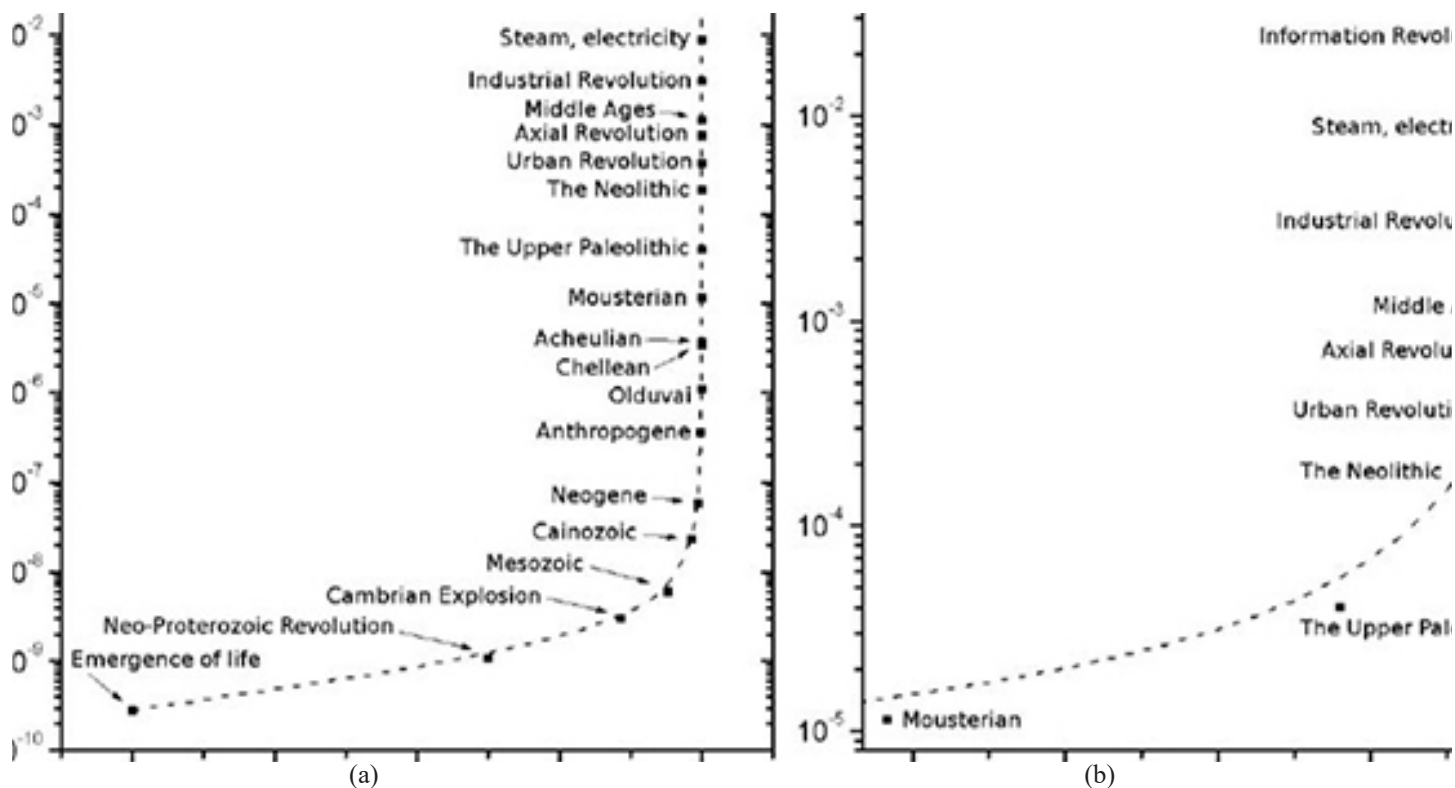


Fig. 3. The dynamics of the global macrodevelopment rate according to Panov (source: Nazaretyan 2018: 31, Fig. 3).

year”. However, it is quite clear that Panov’s “phase transition” is a synonym of Kurzweil’s “paradigm shift”, whereas “frequency of the phase transitions per year” describes just “paradigm shift rate”, or global evolutionary macrodevelopment rate. This transformation makes it much easier to detect rigorously the pattern of acceleration of the global macrodevelopment rate.

Modis – Kurzweil time series: a mathematical analysis

Below we will perform a mathematical analysis of Kurzweil’s time series along the lines suggested by Panov (though with some modifications of ours).

In addition to Kurzweil’s “Countdown to Singularity” graph in single logarithmic scale presented above at Fig. 1, Kurzweil publishes two other versions of this

graph in double logarithmic scale (see Figs. 5 and 6).

Though the time series presented in Fig. 5 looks for me a bit more convincing than the one presented in Fig. 6, I have decided to analyze the time series in Fig. 6 due to the following reason. The point is that the source of data for Fig. 5 remains entirely obscure; hence, I do not see any way to reconstruct the respective time series in such a detail that is necessary for its formal mathematical analysis. There are no such problems with the source of data for Fig. 6, as Kurzweil indicates it very clearly. This is a paper by Theodore Modis “The Limits of Complexity and Change” (2003) prepared in its turn on the basis of his earlier article published in the *Technological Forecasting and Social Change* (2002). Fortunately, Modis provides all the necessary dates in his articles, which makes it perfectly possible to analyze this time series mathematically.

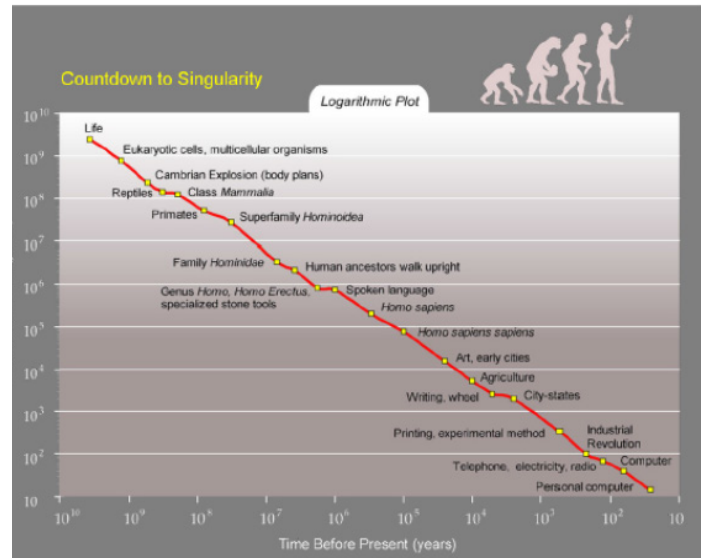
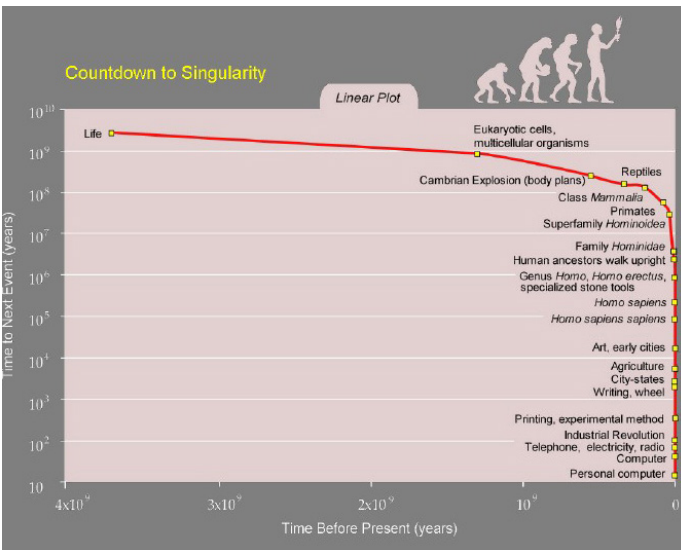


Fig. 5. The first log-log version of Kurzweil’s “Countdown to Singularity” graph
Source: Kurzweil 2005: 17.

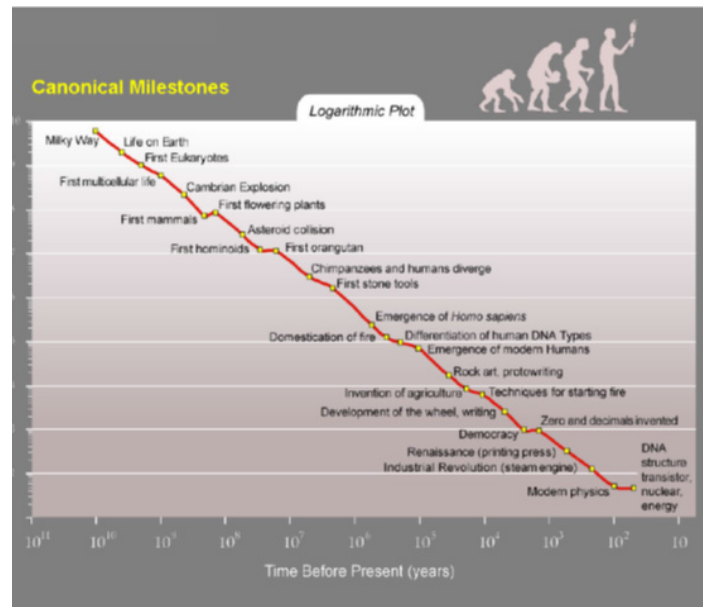
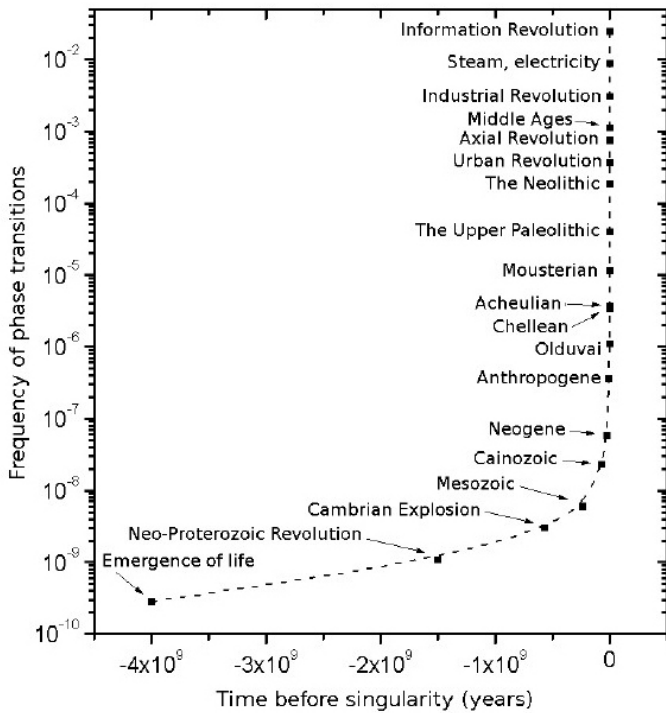


Fig. 6. The second log-log version of Kurzweil’s “Countdown to Singularity” graph (= “Canonical Milestones”) Source: Kurzweil 2005: 20.

(see Fig. 7):⁷

Applying the same technique (“Countdown to

⁷ See Fig. 6 above.

We will start our analysis with the abovementioned transformation, i.e. replace “time to next event” with “paradigm shift rate” ~ “phase transition rate” ~ “macrodevelopment rate”. The result looks as follows

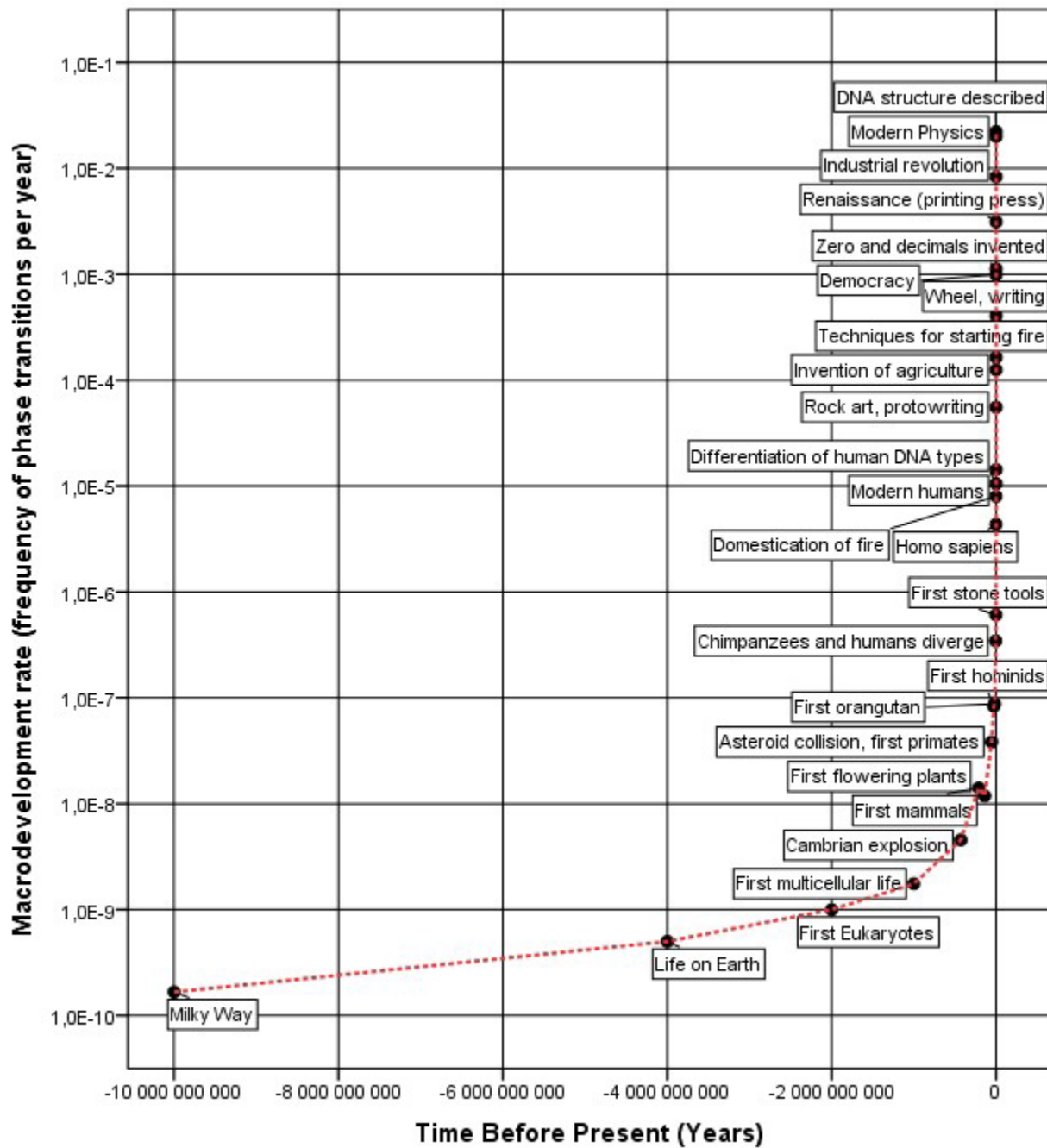


Fig. 7. Kurzweil’s “Canonical Milestones” graph transformed with Panov’s technique (single logarithmic scale)

Singularity”) as the one used by Kurzweil for Fig. 1, we would obtain for this time series the following graph

(see Fig. 8):⁸

At figure 9 we can see that one figure is an exact mirror image of the other (see Fig. 9):

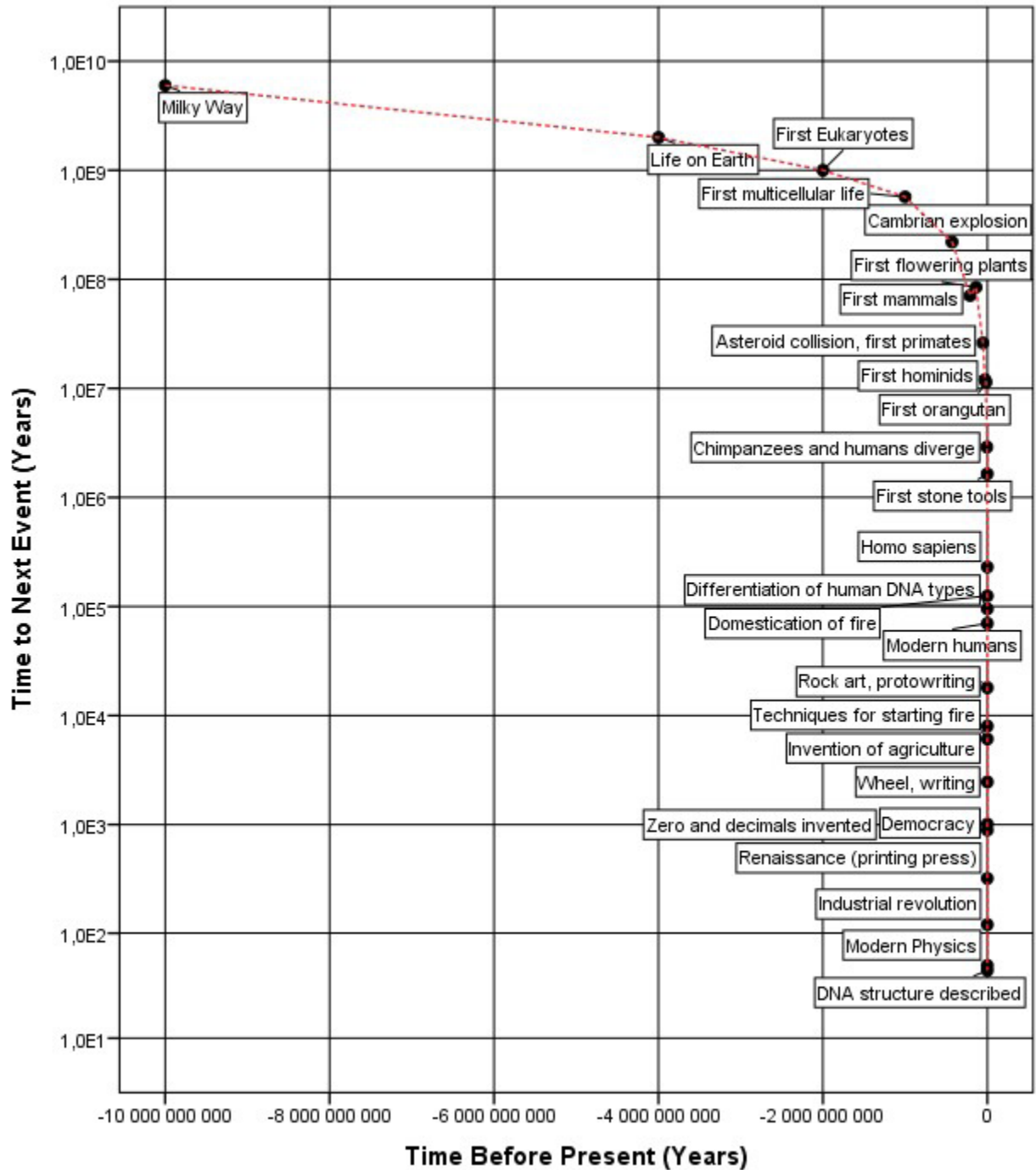
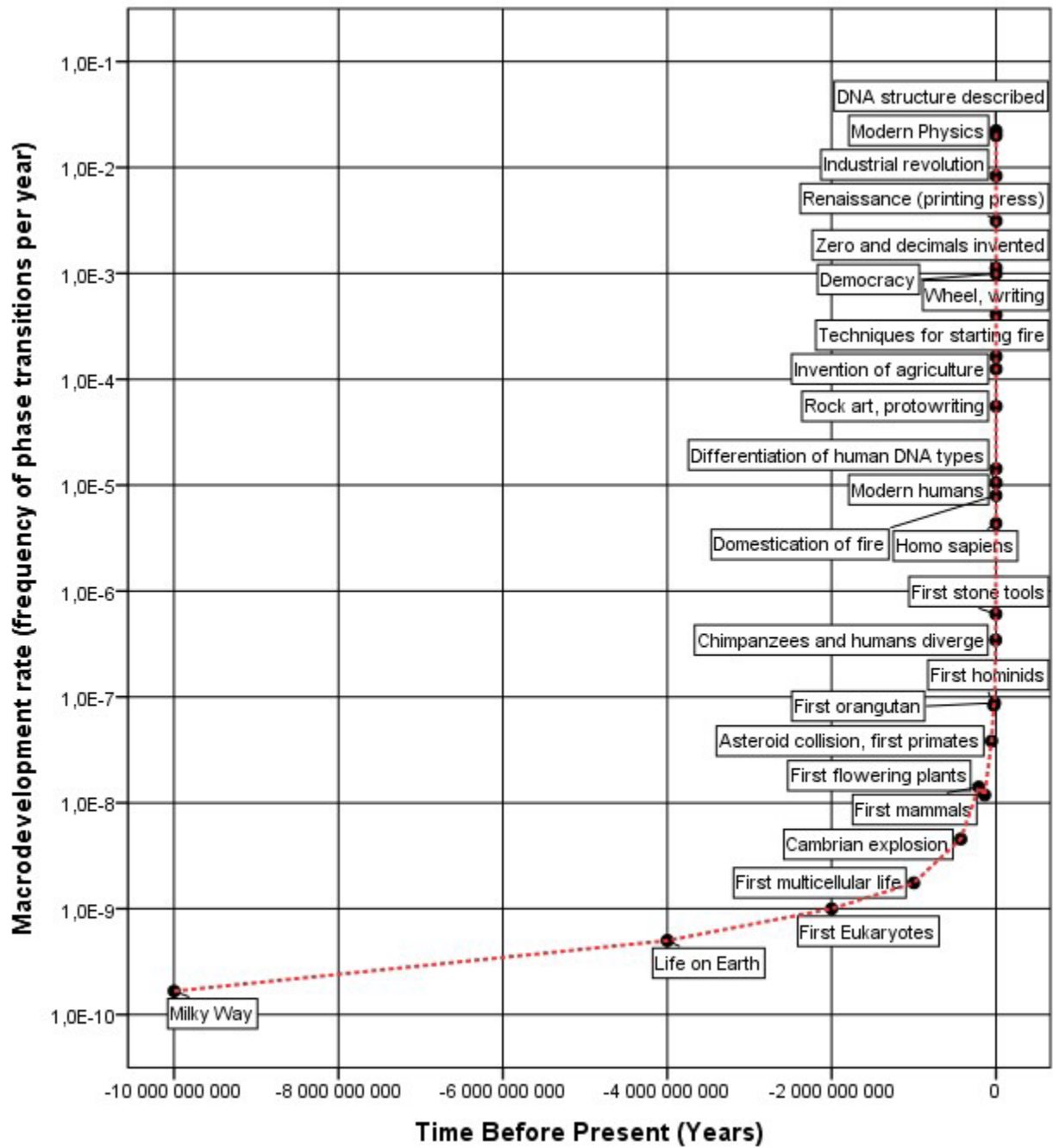
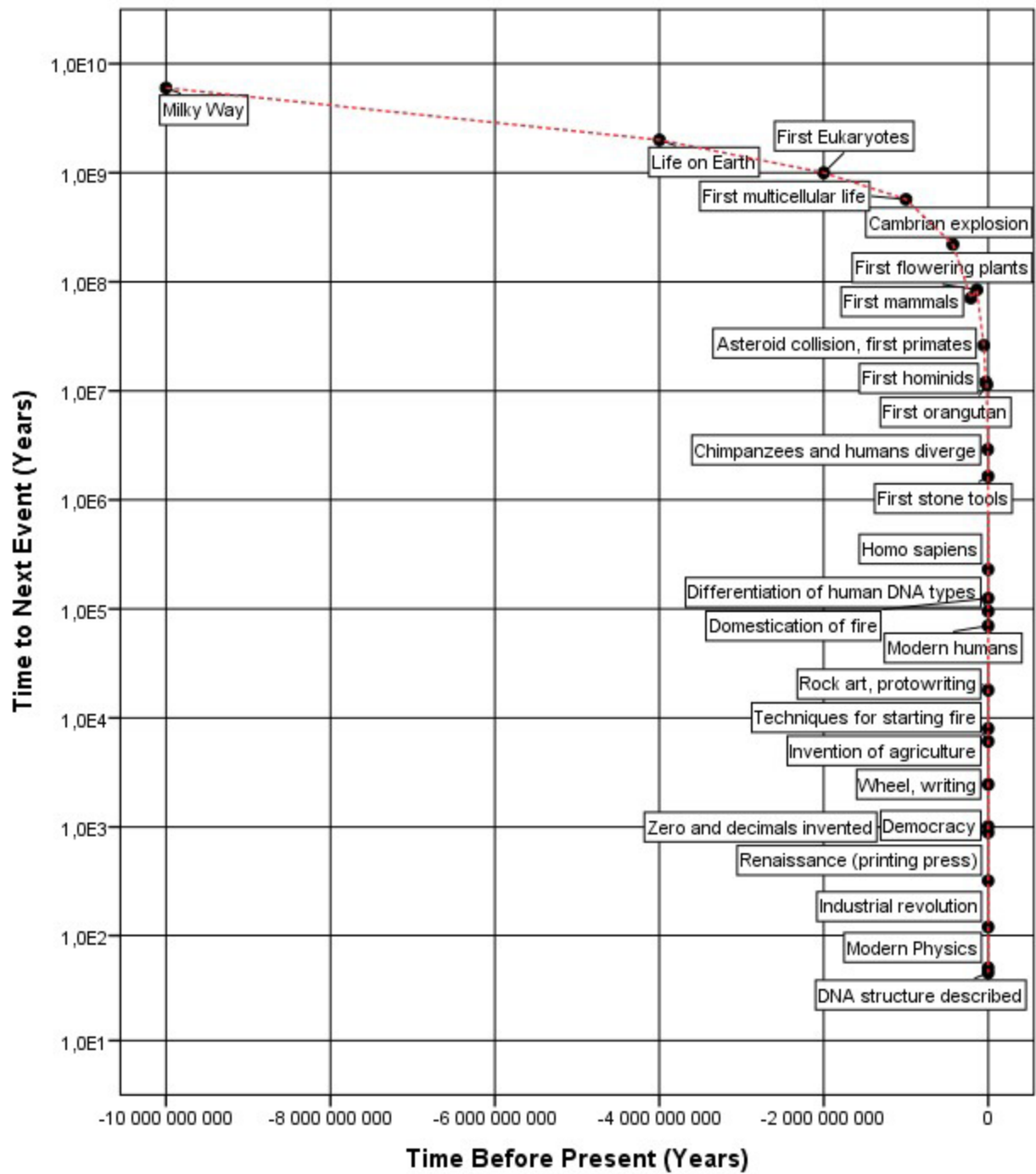


Fig. 8. Kurzweil’s “Canonical Milestones” graph with single logarithmic scale | 8 See Fig. 6 above.



(a)



(b)

Fig. 9. “Panov’s” diagram (a) is a mirror image of “Kurzweil’s” (b) one

It can be clearly seen that the curve in Fig. 7 (= Fig. 9a) is virtually the same as the hyperbolic one in Fig. 2 representing the mathematical singularity. At the next step let the X-axis represent the time before the singularity (whereas the Y-axis will represent the macrodevelopment rate) – and calculate the singularity

date by getting such a hyperbolic curve that would describe our time series in the most accurate way. The results of this analysis are presented in Fig. 10 (as has been mentioned above, our mathematical analysis has identified the Singularity date for this time series as 2029 CE).

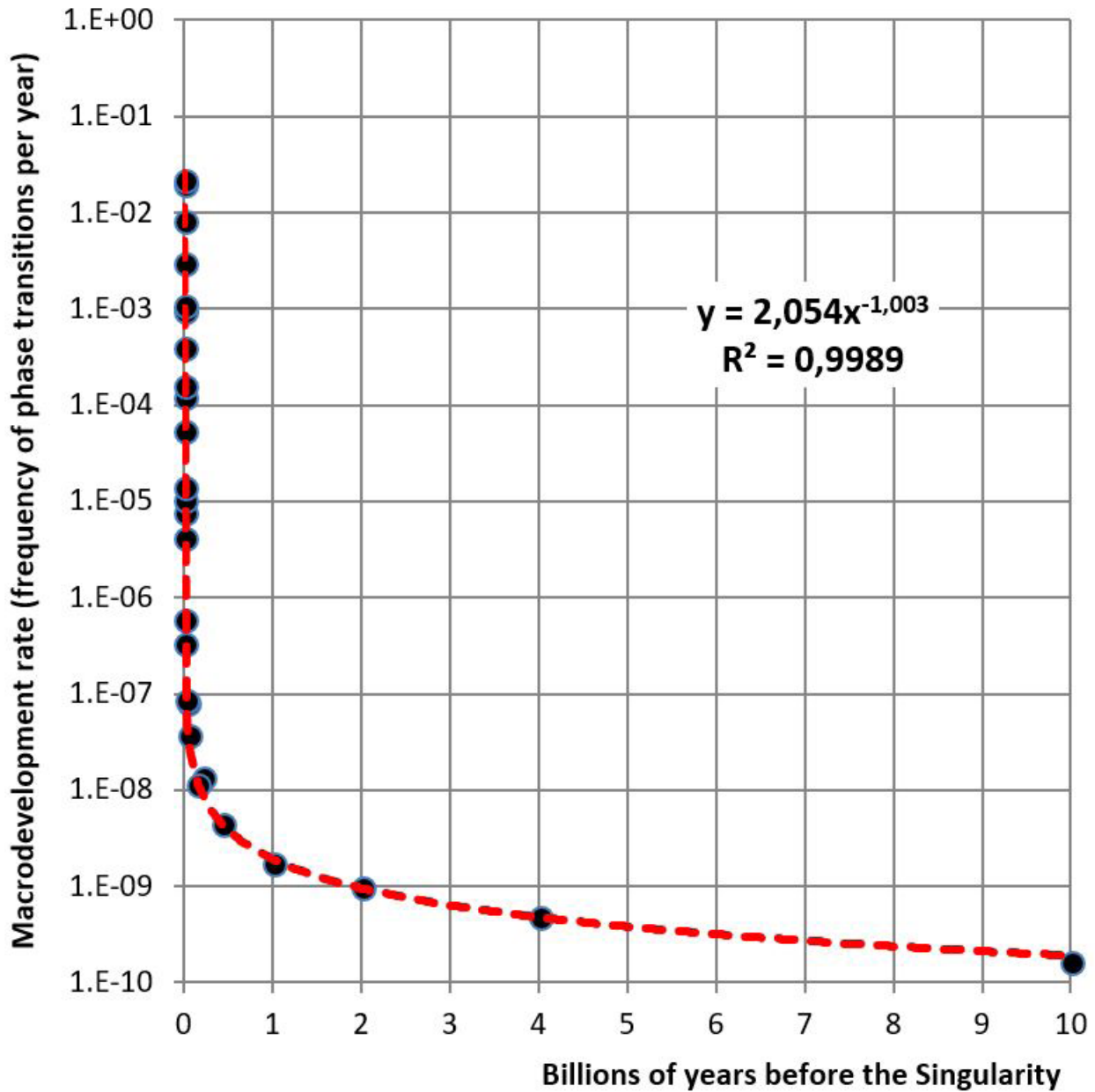


Fig. 10. Scatterplot of the phase transition points from the Modis – Kurzweil list with the fitted power-law regression line (with a logarithmic scale for the Y-axis) – for the Singularity date identified as 2029 CE with the least squares method.

Below the same figure is presented in the double logarithmic scale (see Fig. 11).

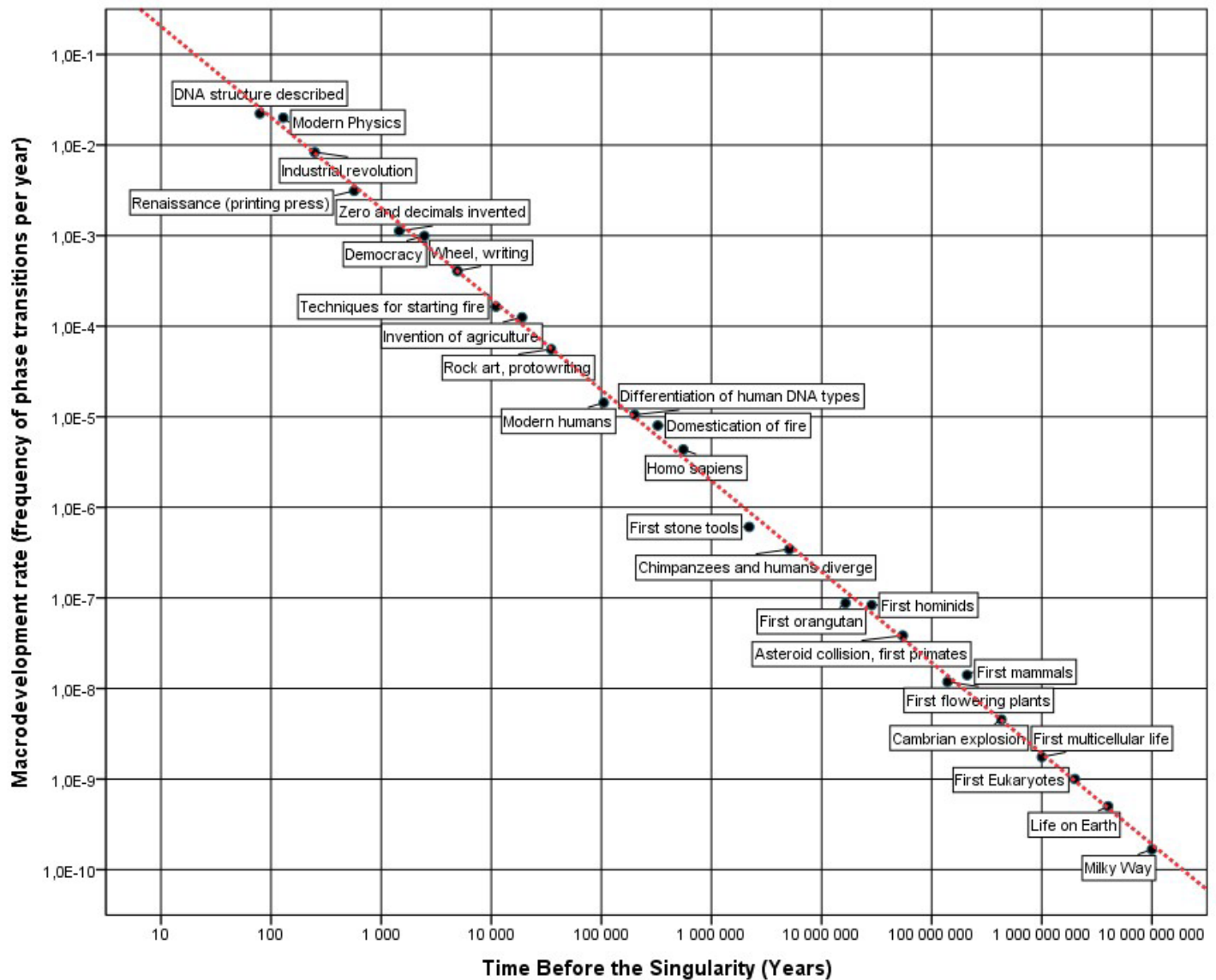


Fig. 11. Scatterplot of the phase transition points from the Modis – Kurzweil list with the fitted power-law regression line (double logarithmic scale) – for the Singularity date identified as 2029 CE with the least squares method.

Let us now analyze the results. As we see, Kurzweil time series is described precisely with a mathematical function of a type $y = k/x$ having an explicit mathematical singularity that was described by Kurzweil at pages 22–23 of his book – surprisingly without understanding of its relevance for the mathematical

description of the “Countdown to Singularity” time series presented by him just a few pages before (pp. 17–20). Indeed our power-law regression of the last “Countdown to Singularity” time series has identified the following best fit equation describing this time series in an almost ideally accurate ($R^2 = 0.999!$) way:

$$y = \frac{2,054}{x^{1,003}}, \tag{1}$$

where y is the global macrodevelopment rate, x is the time remaining till the singularity, and 2.054 and 1.003 are constants.

Note that the denominator's exponent (1.003) turns out to be only negligibly different from 1 (well within the error margins); hence, there are all grounds to use this equation in the following simplified form:

$$y = \frac{2,054}{x}, \tag{2}$$

where y is the global macrodevelopment rate, x is the

time remaining before the Singularity, and 2.054 is a constant.

Thus we find out that the Kurzweil data series is the best described mathematically just by a simple hyperbolic function of that very type that he presents at pages 22–23, with the only difference that it has 2 (rather than 1) in the numerator.⁹

Exponential and hyperbolic patterns of global acceleration: a comparison

Let us stress again that the mathematical analysis demonstrates rather rigorously that the development acceleration pattern within Kurzweil's series is

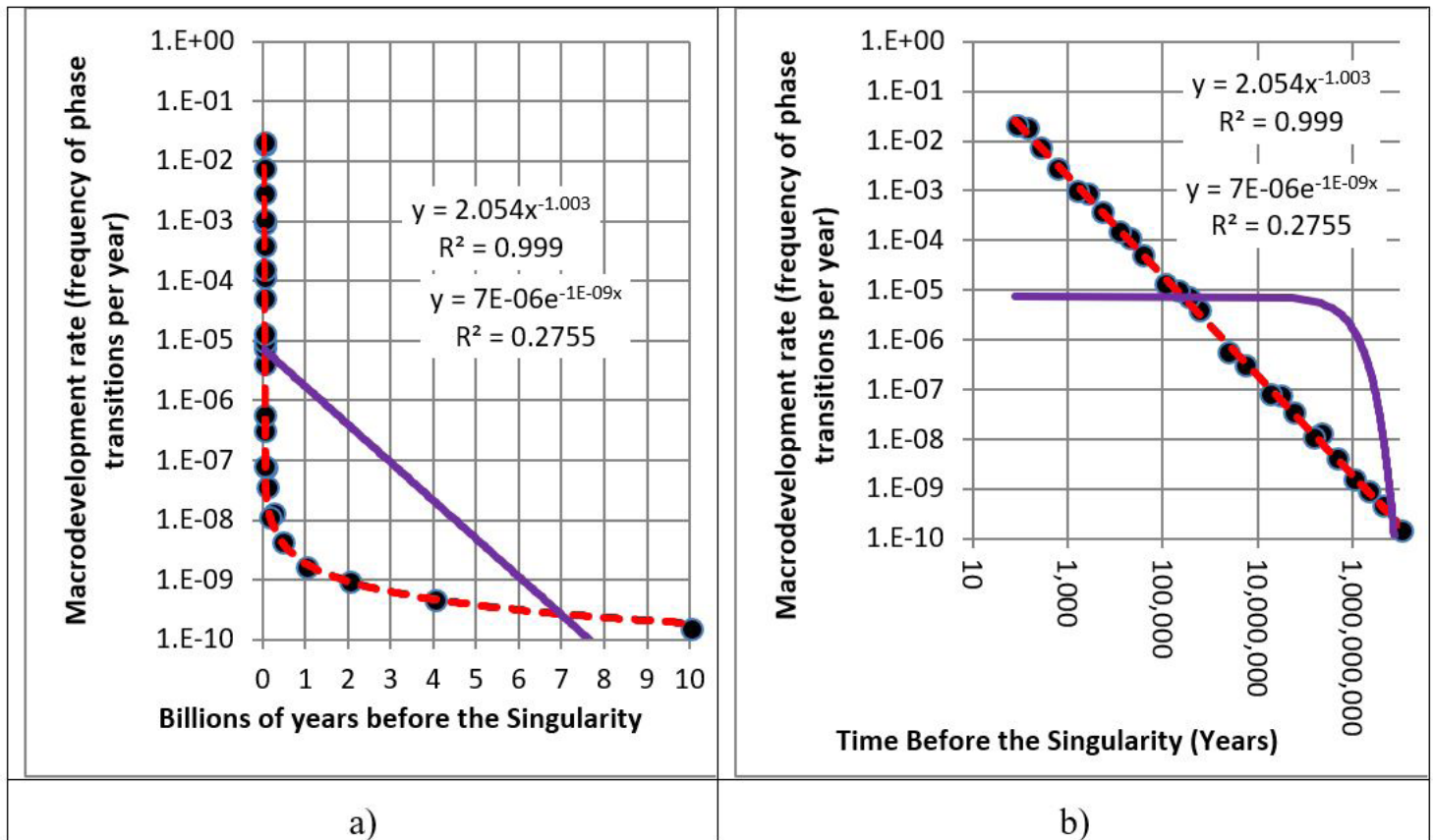


Fig. 12. Scatterplot of the phase transition points from the Modis – Kurzweil list with fitted power-law/hyperbolic and exponential regression lines: a) with a logarithmic scale for the Y-axis; b) double logarithmic scale. Solid curves have been generated by the best-fit exponential model, whereas dashed curves have been generated by the hyperbolic equation.

⁹ Or, to be exact, 2.054.

NOT *exponential* (as is claimed by Kurzweil), but *hyperexponential*, or, to be more exact, *hyperbolic* (see Fig. 12).

Let us recollect that, with a logarithmic scale for the Y-axis, an exponential curve looks like a straight line (whereas a hyperbolic line looks like an exponential curve). On the other hand, in double logarithmic scale the hyperbolic curve looks like a straight line, whereas the exponential curve looks like an inversed exponential line. Thus, Fig. 12 demonstrates how wrong Kurzweil is when he claims that the megaevolution has followed the exponential acceleration pattern, indicating that this pattern was not exponential but hyperbolic.

Formula of acceleration of the global macroevolutionary development in the Modis – Kurzweil time series

To make the model more transparent, it makes sense to make a small transformation of Eq. (2). Let us recollect that this is a slightly simplified version of Eq. (1) that was used to generate the hyperbolic curves at Fig. 12 above, and it looks as follows:

$$y = \frac{2,054}{x}, \quad (2)$$

where y is the global macrodevelopment rate, x is the time remaining before the singularity, and 2.054 is a constant.

Of course, x (the time remaining till the singularity) at the moment of time t equals $t^* - t$, where t^* is the time of singularity. Thus,

$$x = t^* - t.$$

Hence, Eq. (2) can be re-written in the following way:

$$y_t = \frac{2,054}{t^* - t}, \quad (3)$$

where y_t is the global macrodevelopment rate at time t , t^* is the time of singularity, and 2.054 is a constant. Finally, let us recollect that our least squares analysis of the transformed Modis – Kurzweil series has identified the singularity date as 2029 CE. Thus, Eq. (3) can be further re-written in the following way:

$$y_t = \frac{2,054}{2029 - t}. \quad (4)$$

Of course, in a more general form it should be written as follows:

$$y_t = \frac{C}{t^* - t}, \quad (5)$$

where C and t^* are constants.

Equation (4) generates curves that demonstrate an extremely accurate fit with empirical estimates and that are presented in figures 13–15 below.

The curve generated by this extremely simple equation describes in an unusually accurate way the planetary macroevolution acceleration pattern at the scale of billions of years (see Fig. 13).

However, if we “zoom in” Fig. 13 to see in more detail the recent two billions of years, we will see that Eq. (4), notwithstanding its extreme simplicity, turns out to be as capable to describe rather accurately the planetary macroevolution acceleration pattern (see Fig. 14).

If we zoom in further – to see in some detail the global macroevolutionary development acceleration during the last hundreds of thousands of years of Big History (corresponding to the pre-history and history of the humankind) we will see a similarly astonishingly close fit between the curve generated by model (4) and the empirical estimates of the global macroevolution rate (see Fig. 15).

Finally, if we concentrate on the last millennia of the “human history” phase of the Big History, we will see that the same equation describes them as accurately (see Fig. 16).

I would stress again that the curve accurately describing the acceleration of human history after 10 BCE (Fig. 16) and the curve as accurately describing the acceleration of planetary macroevolution before the appearance of humans have been generated by the same equation – the simplest Eq. (4).

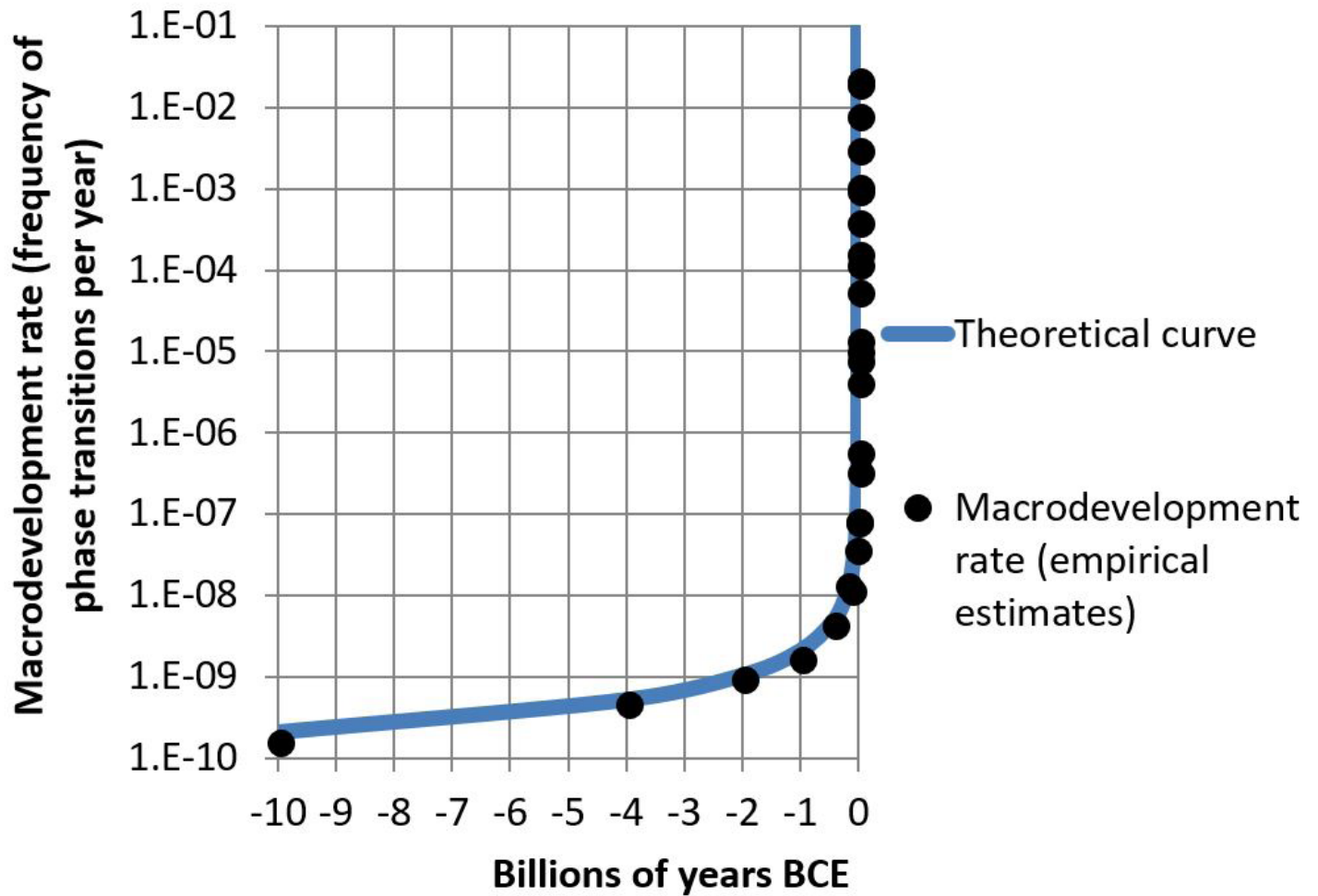


Fig. 13. Fit between the empirical estimates of the macrodevelopment rate and the theoretical curve generated by the hyperbolic equation $y_t = 2.054/(2029-t)$, 10 billion BCE – 2000 CE, with a logarithmic scale for the Y-axis

As we see, a very simple hyperbolic equation $y_t = 2.054/(2029 - t)$ describes the general pattern of the macrodevelopment rate acceleration observed up until recently in an extremely accurate way for all the main eras.

In fact, Model (4) has a rather straightforward “physical sense”. Indeed, let us calculate the macroevolution rate around 200 years before the “Singularity” (that is around 1829) using this equation in a further simplified form ($y_t = 2/(2029 - t)$): $y_{1829} = 2/(2029 - 1829) = 2/200 =$

$1/100$. Thus, we arrive at the following result: “around 1800 CE a typical rate of global macroevolution was about one macroevolutionary shift (e.g., Industrial Revolution) per century” – that is macroevolution around that time proceeded at the scale of centuries. The same calculations for the time point about 2000 years before the Singularity (\approx before present) – around 1 CE in 29 CE would yield the following result: $y_{29} = 2/(2029-29) = 2/2000 = 1/1000$ – that is macroevolutionary shifts (e.g. Axial Age revolution) tended to happen at the scale of one per mellenium

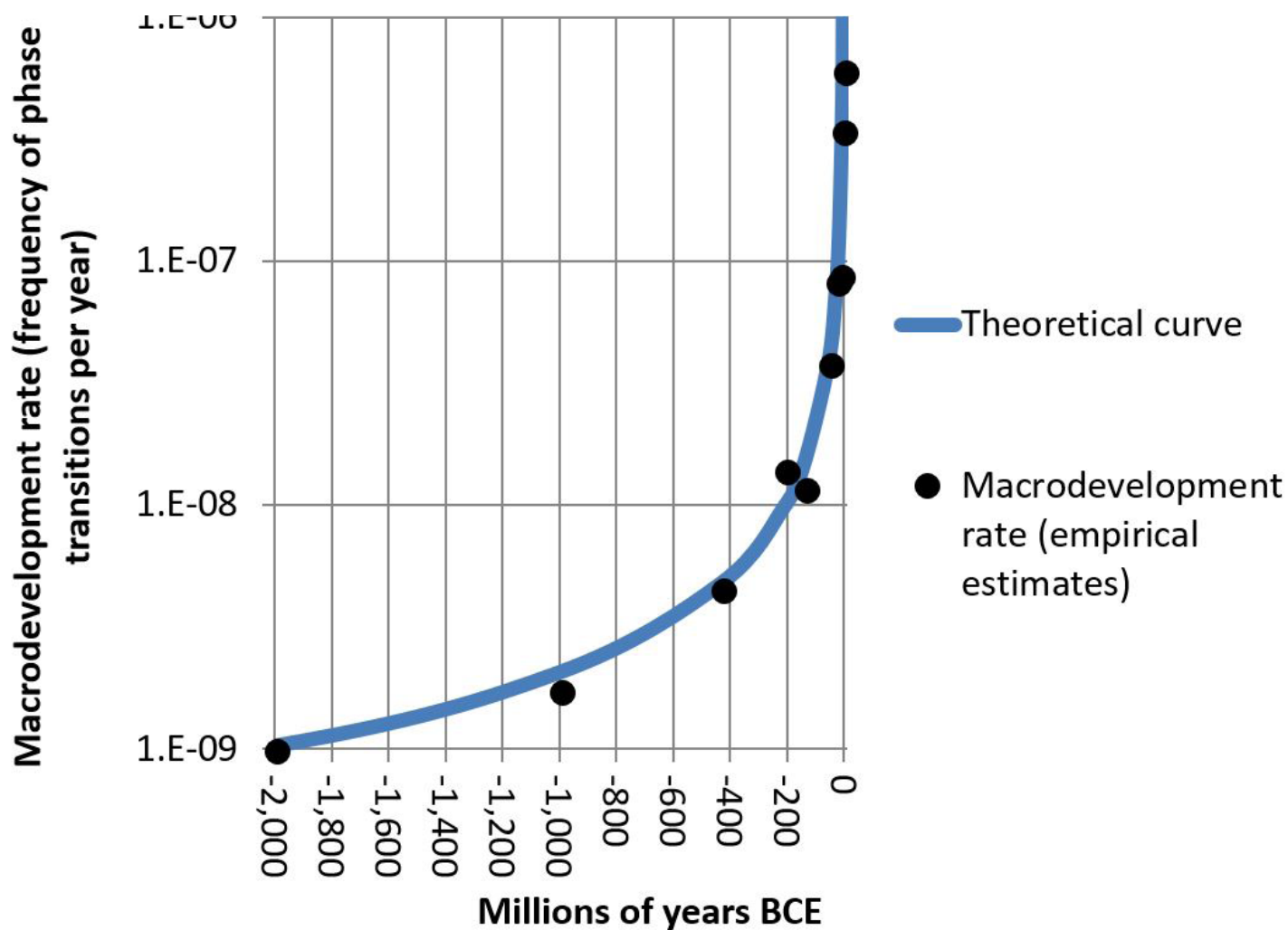


Fig. 14. Fit between the empirical estimates of the macrodevelopment rate and the theoretical curve generated by the hyperbolic equation $y_t = 2.054/(2029-t)$, 2 billion – 2 200 000 BCE, with a logarithmic scale for the Y-axis

and the evolution proceeded at that time at the scale of millennia. On the other hand, around 18 000 BCE we would find that planetary macroevolution occurred at the scale of tens of thousands of years, around 200 000 years before present (BP) – at the scale of hundreds thousands of years (around one global phase transition per 100 thousand years), around 2 million BP – at the scale of millions of years, around 20 million BP – at the scale of tens of millions of years, around 200 million BP – at the scale of hundreds of

millions of years, and around 2 billion BP – at the scale of billions of years (that is, approximately one planetary macroevolutionary phase transition per one billion of years). In other words, with every decrease of the time to present (\approx to the “Singularity”) by an order of magnitude (from 2 billion BP to 200 million BP, from 200 million BP to 20 million BP, from 20 million BP to 2 million BP, etc.) the rate of global macroevolutionary development every time also increased just by an order of magnitude. And for me

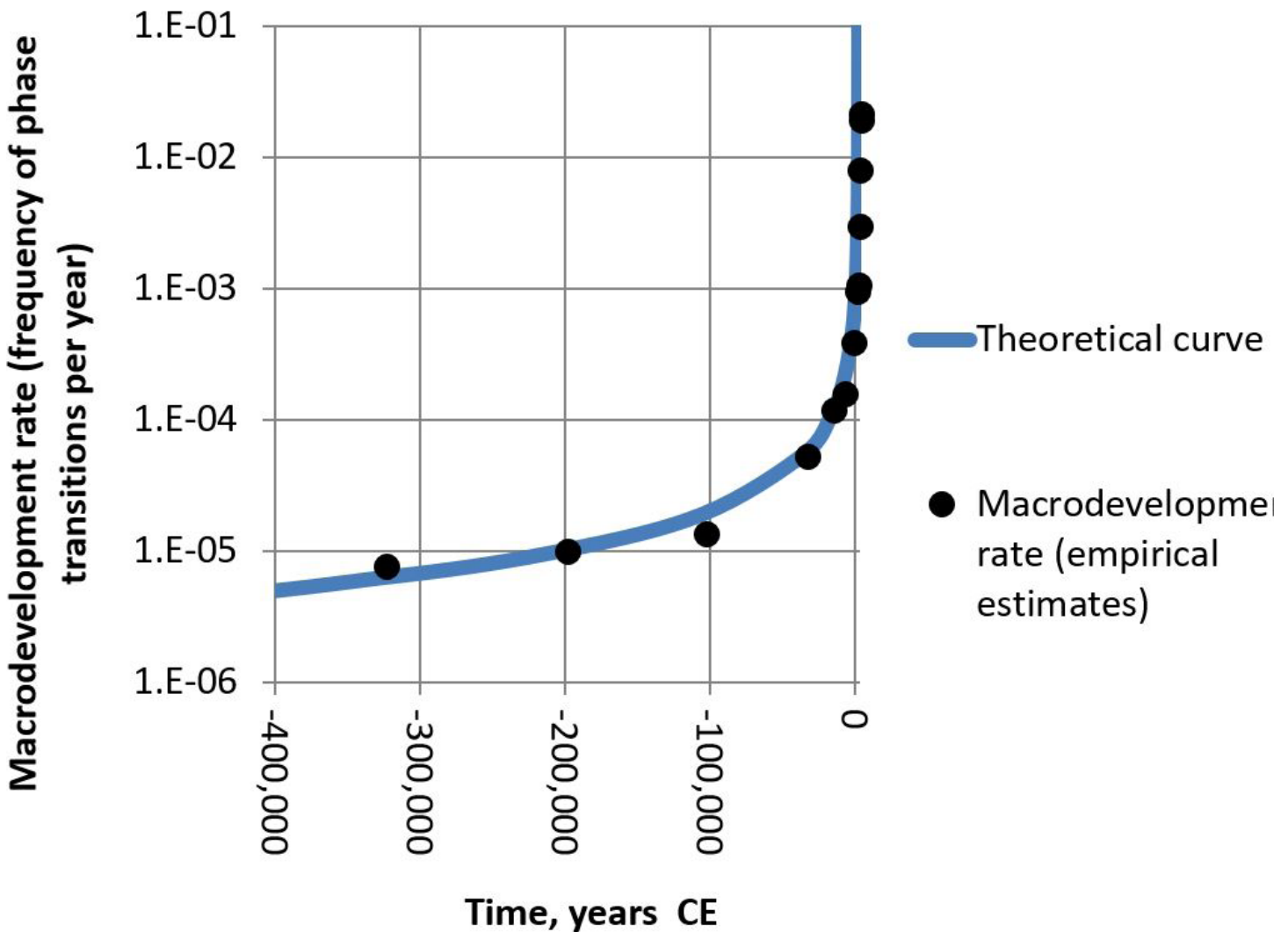


Fig. 15. Fit between the empirical estimates of the macrodevelopment rate and the theoretical curve generated by the hyperbolic equation $y_t = 2.054/(2029-t)$, 400 000 BCE – 2000 CE, with a logarithmic scale for the Y-axis

such an acceleration pattern makes a perfect sense.

Note that algebraic equation of the type

$$y_t = \frac{c}{t^* - t}, \tag{5}$$

can be regarded as solution of the following differential equation:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{c_1}, \tag{6}$$

(see, e.g., Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a: 118–120).

Thus, the acceleration pattern implied by Eq. (4) can be spelled out as follows:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{2.054} \approx 0.5y^2. \tag{7}$$

Verbally, the overall pattern of acceleration of planetary macroevolution that describes so accurately the Modis – Kurzweil series of “complexity jumps”

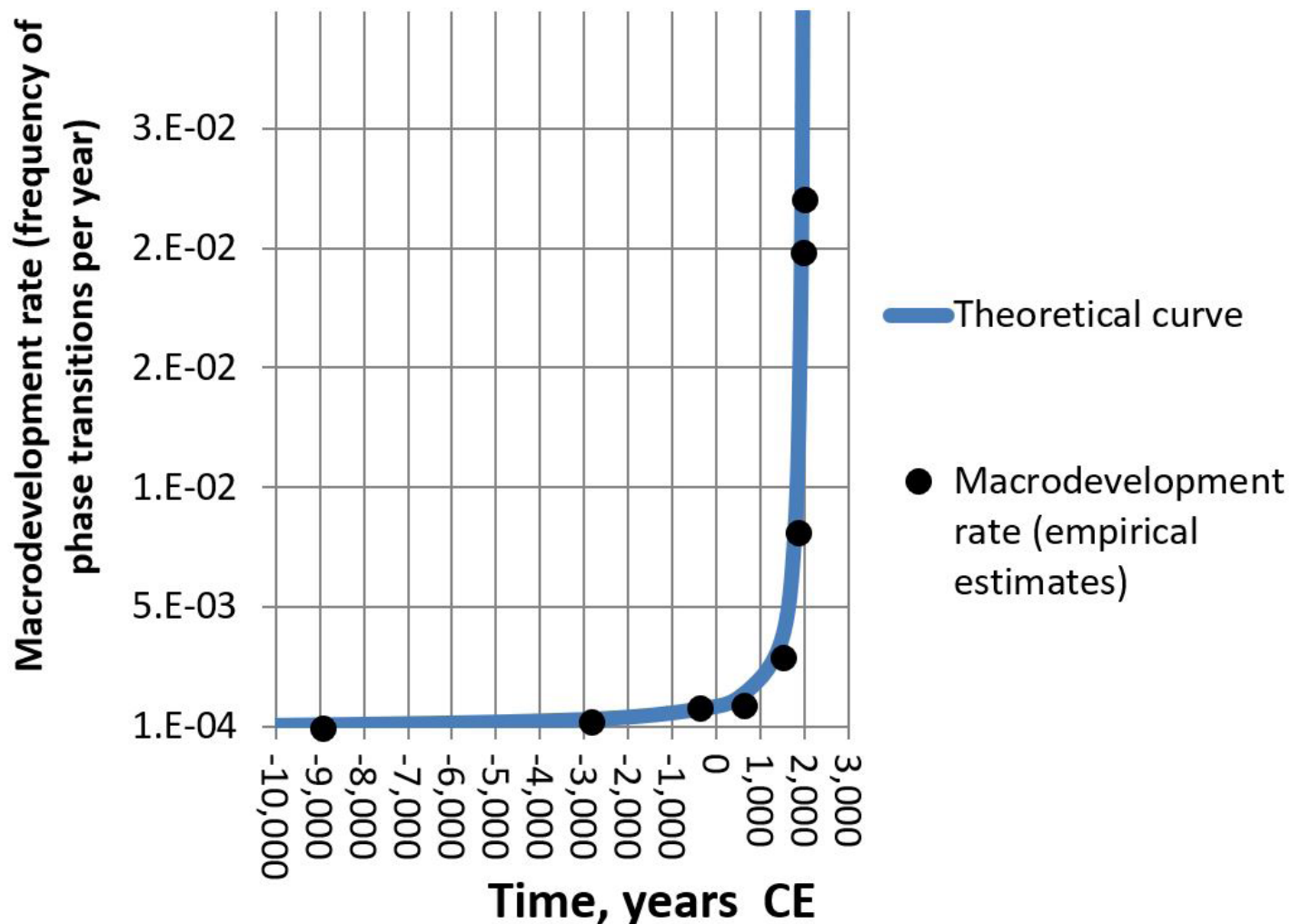


Fig. 16. Fit between the empirical estimates of the macrodevelopment rate and the theoretical curve generated by the hyperbolic equation $y_t = 2.054/(2029 - t)$, 10 000 BCE – 2000 CE, with a natural scale for the both axes

with model (4) / (5) can be spelled out as follows: “the increase in macroevolutionary development rate a times is accompanied by a^2 increase in the acceleration speed of this development rate; thus, a twofold increase in macroevolutionary development rate tends to be accompanied by a fourfold increase in the acceleration speed of this development rate; an increase in macroevolutionary development rate 10 times tended to accompanied by 100 times increase in the acceleration speed of this development rate; and

so on...”.

Now, let us apply a similar methodology to analyze mathematically the series of global macroevolutionary “phase transition”/ “biospheric revolutions” compiled by Alexander Panov (2005a, 2005b; see also Panov 2008, 2011, 2017)

However, before we do this I would like to analyze a few points.

Time series of Panov and Modis – Kurzweil: an external comparative analysis

Alexander Panov and Theodore Modis compiled their time series entirely independently of each other. As suggest my personal communications with both Panov and Modis, none of them knew that at almost the same time¹⁰ in another part of Europe another person compiled a similar time series (Alexander Panov worked in Moscow, whereas Theodore Modis worked in Geneva). As we will see below, they relied on entirely different sources and the resultant time series turned out to be very far from being identical. Indeed the Modis time series (2003) standing behind Kurzweil's "Canonical Milestones" graph (Kurzweil 2005: 20) looks as follows – we reproduce below this time series as it was published in Modis' essay in *the Futurist* (2003), as it is this version of Modis' series that is reproduced by Kurzweil and that has been analyzed mathematically above; however, we sometimes use fuller versions of the description of some Modis "milestones" from his 2002 article in the *Technological Forecasting & Social Change*:

- (1) Origin of Milky Way, first stars – 10 billion years ago.¹¹
- (2) Origin of life on Earth, formation of the solar system and the Earth, oldest rocks – 4 billion years ago.
- (3) First eukaryotes, invention of sex (by microorganisms), atmospheric oxygen, oldest photosynthetic plants, plate tectonics established – 2 billion years ago.

¹⁰ Modis first presented his results in an article in *Technological Forecasting and Social Change* (that Panov only read in March 2018 after it was sent to him by me) in 2002, whereas Panov first presented his results next year at the Academic Seminar of the State Astronomic Institute in Moscow.

¹¹ Actually, Modis starts with the "Big Bang"; however, Kurzweil, quite reasonably, prefers to start with the origins of the Milky Way.

(4) First multicellular life (sponges, seaweeds, protozoans) – 1 billion years ago.

(5) Cambrian explosion/invertebrates/vertebrates, plants colonize land, first trees, reptiles, insects, amphibians – 430 million years ago.

(6) First mammals, first birds, first dinosaurs – 210 million years ago.

(7) First flowering plants, oldest angiosperm fossil – 139 million years ago.

(8) First primates/asteroid collision/mass extinction (including dinosaurs) – 54.6 million years ago.

(9) First hominids, first humanoids – 28.5 million years ago.

(10) First orangutan, origin of proconsul – 16.5 million years ago.

(11) Chimpanzees and humans diverge, earliest hominid bipedalism – 5.1 million years ago.

(12) First stone tools, first humans, *Homo erectus* – 2.2 million years ago.

(13) Emergence of *Homo sapiens* – 555,000 years ago.

(14) Domestication of fire/ *Homo heidelbergensis* – 325,000 years ago.

(15) Differentiation of human DNA types – 200,000 years ago.

(16) Emergence of "modern humans"/ earliest burial of the dead – 105,700 years ago.

(17) Rock art/pictowriting – 35,800 years ago.

(18) Techniques for starting fire – 19,200 years ago.

(19) Invention of agriculture – 11,000 years ago¹².

¹² A more popular version of Modis presentation (2003) appears to contain a misprint indicating 19,200 years ago as the date of the invention of agriculture. This misprint is absent from the more academic version of Modis presentation (2002), on which we rely at this point.

(20) Discovery of the wheel/writing/ archaic empires/large civilizations/Egypt/ Mesopotamia – 4,907 years ago

(21) Democracy/city states/Greeks/Buddha [≈ Axial Age] – 2,437 years ago.

(22) Zero and decimals invented, Rome falls, Moslem conquest – 1,440 years ago.

(23) Renaissance (printing press)/discovery of New World/the scientific method – 539 years ago

(24) Industrial revolution (steam engine)/ political revolutions (French, USA) – 225 years ago.

(25) Modern physics/radio/electricity/ automobile/airplane – 100 years ago.

(26) DNA structure described/transistor invented/nuclear energy/WWII/Cold War/ Sputnik – 50 years ago.

(27) Internet/human genome sequenced – 5 years ago.

** Note that Modis himself maintains rather explicitly that “present time is taken as year 2000” (Modis 2003: 31). Indeed, this makes good sense for “milestones” (24)–(27) above. However, there are some indications that Modis compiled first versions of his milestone list a few years before 2000, and appears not to have adjusted a few datings to the 2000 present point in his 2003 publication. Otherwise it is difficult to understand his datings of milestones (20), (21), and (23).*

Modis (2002: 393–401) indicates the following list of sources he consulted to compile the time series above: Barrow, Silk 1980; Burenhult 1993; Heidmann 1989; Johanson, Edgar 1996; Sagan 1989; Schopf 1991; to this Modis also adds “Timeline of the Universe” (American Museum of Natural History, Central Park West at 79th Street, New York), *Encyclopedia Britannica*¹³, “the web site of the Educational Resources in Astronomy and

¹³ Without providing any exact references.

Planetary Science (ERAPS), University of Arizona”¹⁴, “Private communication, Paul D. Boyer, Biochemist. Nobel Prize 1997. Dec 27, 2000”, “a timeline for major events in the history of life on earth as given by David R. Nelson, Department of Biochemistry at the University of Memphis, Tennessee” (<http://drnelson.utm.edu/evolution2.html>)

Panov relied on entirely different sources¹⁵ (see Table 1). As we see, there was not a single source consulted by both Modis (2002, 2003) and Panov (2005a) when they compiled their series of “canonical milestones / biospheric revolutions.” Their reference lists are 100% different. What is more, they mostly relied on sources belonging to different scientific traditions.

Indeed, Modis relied exclusively on the works of Western scientists published in English.¹⁶ In a striking contrast with this, out of 30 references consulted by Panov (2005a), 18 are works of Russian scientists published in Russia; 9 are works of Western scientists

¹⁴ Without providing its URL.

¹⁵ At least when preparing his first list of “phase transitions/biospheric revolutions” in Russian (Panov 2004, 2005a). Note that when preparing the publication of his results in English Panov (2005b) added to his originally overwhelmingly Russian bibliography 8 references in English (Begun 2003; Carrol 1988; Jones 1994; Nazaretian 2003; A.H. 1975; A.P. 1975; J.B.W. 1975; T.K. 1975) and 1 reference in German (Jaspers 1955). One cannot exclude that this might have affected some of Panov’s datings of some of his “biospheric revolutions” (there are indeed some slight difference in datings between Panov 2005a and Panov 2005b). Note that these new references included four articles in *Encyclopedia Britannica*, which made the list of sources in Panov 2005b not as perfectly different for Modis’ list as the list of sources in Panov 2005a (because Modis also lists *Encyclopedia Britannica* among his list of sources). So for the sake of “the purity of experiment” we decided to rely for our calculations on Panov’s list of “phase transitions” provided in his original publication of his results in Russian (2005a) rather than in English (2005b).

¹⁶ Though one of his sources (Heidmann 1989) is a translation into English of a book originally written in French.

Table 1. Comparison of sources used by Modis (2002, 2003) and Panov (2005a) for the compilation of their lists of phase transitions / “biospheric revolutions” / “canonical milestones” / “evolutionary turning points” / “complexity jumps”	
<i>Sources consulted by Theodore Modis for the compilation of his phase transition list published in Modis 2002, 2003</i>	<i>Sources consulted by Alexander Panov for the compilation of his phase transition list published in Panov 2005a</i>
<p>(1) Barrow, Silk 1980; (2) Burenhult 1993; (3) Heidmann 1989; (4) Johanson, Edgar 1996; (5) Sagan 1989; (6) Schopf 1991; to this Modis also adds (7) “Timeline of the Universe” (American Museum of Natural History, Central Park West at 79th Street, New York), (8) Encyclopedia Britannica, (9) “the web site of the Educational Resources in Astronomy and Planetary Science (ERAPS), University of Arizona”, (10) “Private communication, Paul D. Boyer, Biochemist. Nobel Prize 1997. Dec 27, 2000”, (11) “a timeline for major events in the history of life on earth as given by David R. Nelson, Department of Biochemistry at the University of Memphis, Tennessee” (http://drnelson.utmem.edu/evolution2.html)</p>	<p><u>Works by Russian scientists published in Russian:</u> (1) Boriskovsky 1970, (2) Boriskovsky 1974a, (3) Boriskovsky 1974b, (4) Boriskovsky 1978; (5) Diakonov 1994; (6) Fedonkin, 2003; (7) Galimov 2001; (8) Kapitza 1996b; (9) Keller 1975; (10) Lopatin 1983; (11) Muratov, Vahrameev 1974; (12) Nazaretian 2004; (13) Rozanov, 1986; (14) Rozanov 2003; (15) Rozanov, Zavarzin 1997; (16) Shantser 1973; (17) Zavarzin 2003; (18) Zaytsev 2001.</p> <p><u>Works by Western scientists translated into Russian:</u> (1) Antiseri, Reale 2001; (2) Begun 2004; (3) Carrol 1992, (4) Carrol 1993a, (5) Carrol 1993b; (6) Foley 1990; (7) Jaspers 1991; (8) Kring, Durda 2004; (9) Wong 2003.</p> <p><u>Original publications of the works of Western scientists in English:</u> (1) Alvarez et al. 1980; (2) Orgel 1998; (3) Wood 1992.</p>

translated into Russian; and just 3 references are original works of Western scientists in English.

Against this background, it is hardly surprising that Panov’s list of phase transitions (2005a: 124–127; 2005b: 221) has turned out to be very far from identical with the one of Modis¹⁷:

¹⁷ The description of Panov’s phase transitions/ “biospheric revolutions” have been taken from 2005 Panov’s presentation of his findings in English (Panov 2005b: 221); however, the datings of those phase transitions are from the earlier Russian version (Panov 2005a); I indicate explicitly the difference between those datings when it is observed. Note that for our calculation below we have used the datings from Panov 2005a

“0. The origin of life – **4 · 10⁹ years ago**. The biosphere after its appearance was represented by nucleusless procaryotes and existed the first 2–2.5 billion years without any great shocks.

1. Neoproterozoic revolution (Oxygen crisis) – **1.5 · 10⁹ years ago**. Cyanobacteria had enriched the atmosphere by oxygen that was a strong poison for anaerobic procaryotes. Anaerobic procaryotes

(not Panov 2005b). In cases when Panov 2005a indicated time ranges rather than exact time points, we have used middle values for our calculations – for example, Panov (2005a) indicates as the date of his “biospheric revolution 5” (“Hominoid revolution/ The beginning of the Neogene period”) 25–20 · 10⁶ years ago, whereas for our calculations we use the intermediate value for this time range (22.5 · 10⁶ years ago).

- started to die out and anaerobic procaryote fauna was changed by an aerobic eucaryote and multicellular one.
2. Cambrian explosion (The beginning of Paleozoic era) – **590–510 · 10⁶ years ago**¹⁸. All the modern phyla of metazoa (including vertebrates) appeared during a few of tens of million years. During the Paleozoic era the terra firma was populated by life.
 3. Reptiles revolution (The beginning of Mesozoic era) – **235 · 10⁶ years ago**. Almost all paleozoic Amphibia died out. Reptiles became the leader of the evolution on the terra firma.
 4. Mammalia revolution (The beginning of the Cenozoic era) – **66 · 10⁶ years ago**. Dinosaurs died out. Mammalia animals became the leader of the evolution on the terra firma.
 5. Hominoid revolution (The beginning of the Neogene period) – **25–20 · 10⁶ years ago**¹⁹. A big evolution explosion of Hominoidae (apes). There were 14 genera of hominoidae between 22 and 17 millions years ago – much more than now. The flora and fauna became contemporary.
 6. The beginning of Quaternary period (Anthropogene) – **4.4 · 10⁶ years ago**²⁰. The first primitive Homo genus (hominidae) separated from hominoidae.
 7. Palaeolithic revolution – **2.0–1.6 · 10⁶ years ago**²¹. *Homo habilis*, the first stone implements.
 8. The beginning of Chelles period – **0.7–0.6 · 10⁶ years ago**²². Fire, *Homo erectus*.
 9. The beginning of Acheulean period – **0.4 · 10⁶ years ago**. Standardized symmetric stone implements.
 10. The culture revolution of neanderthaler (Mustier culture) – **150–100 · 10³ years ago**. *Homo sapiens neandertalensis*. Fine stone implements, burial of deadmen (a sign of primitive religions).
 11. The Upper Palaeolithic revolution – **40 · 10³ years ago**. *Homo sapiens sapiens* became the leader of cultural evolution. Development of advanced hunter instruments – spears, snares. Imitative art is widespread.
 12. Neolithic revolution – **12–9 · 10³ years ago**. Appropriative economy [foraging] had been replaced by productive economy [food production].
 13. Urban revolution (the beginning of the Ancient world) – **4000–3000 B.C.** Appearance of state formations, written language and the first legal documents.
 14. Imperial antiquity, Iron age, the revolution of the Axial time – **800–500 B.C.**²³. The appearance of a new type of state formations – empires, and a culture revolution. New kinds of thinkers such as Zaratushra, Socrates, Buddha, and others.
 15. The beginning of the Middle Ages – **400–630 CE**.²⁴ Disintegration of Western Roman Empire, widespread Christianity and Islam, domination of feudal economy.
 16. The beginning of the New Time [Modern Period], the first industrial revolution – **1450–1550 CE**²⁵ Appearing of manufacture, printing of books, the New time culture revolution etc.
 17. The second industrial revolution (steam and electricity) – **1830–1840**²⁶. Appearance of mechanized industry, the beginning of globalization in the information field (telegraph was invented in 1831), etc.
 18. Information revolution, the beginning of the postindustrial epoch – **1950**. The main part of population of industrial countries work in the field of information production and utilization or in the service field, not in the material production”.
- In his Russian 2005 publication (Panov 2005a: 127), Panov adds to these “Phase Transition 19. Crisis and Collapse of the Communist Block, Information Globalization – 1991 CE”. The respective datapoint is not found in diagrams below, but it has been used to estimate the macroevolutionary development rate for the previous datapoint (#18). Against the background of the above discussed radical difference in the source base of Modis and Panov and the total independence of their research activities, it is hardly surprising to see that Panov’s list of “biospheric revolutions” differs from the Modis – Kurzweil series
- 18 570 · 10⁶ years ago according to Panov 2005b.
 - 19 24 · 10⁶ years ago according to Panov 2005b.
 - 20 4–5 · 10⁶ years ago according to Panov 2005b.
 - 21 2–1.5 · 10⁶ years ago according to Panov 2005b.
 - 22 0.7 · 10⁶ years ago according to Panov 2005b.
 - 23 750 B.C. according to Panov 2005b.
 - 24 A.D. 500 according to Panov 2005b.
 - 25 A.D. 1500 according to Panov 2005b.
 - 26 1830 according to Panov 2005b.

of “canonical milestones” in many rather significant ways:

- 1) Modis – Kurzweil list contains 27 “canonical milestones”, whereas Panov’s series only includes 20 “biospheric revolutions”. Thus, at least 7 Modis – Kurzweil milestones have no parallels in the Panov series.
- 2) There is just one “milestone” for which both Modis and Panov have more or less exactly the same name and date (Modis – Kurzweil 2 = Panov 0). There is also one milestone (Modis – Kurzweil 26 = Panov 18), to which Modis and Panov give the same date, while giving to it totally different names.
- 3) There are a few milestones to which Modis and Panov give distantly similar names and roughly (but not exactly) similar dates (for example, Modis – Kurzweil 23 \approx Panov 16; Modis – Kurzweil 19 \approx Panov 12; Modis – Kurzweil 17 \approx Panov 11; Modis – Kurzweil 9 \approx Panov 5). In one case Modis and Panov give to the same milestone (Modis – Kurzweil 5 \sim Panov 2) the same name, but rather different dates.
- 4) However, for very substantial parts of those series the correlation between them looks very distant indeed. For example, for the period between 400 million years ago and 150,000 years ago this correlation looks as follows (see Table 2 on the next page)

As one can see for a major part of the planetary history (between the Cambrian explosion and the formation of *Homo sapiens sapiens*) the correlation between the two series is really weak; they look as really independent (and rather different) series.

Panov time series: a mathematical analysis

Now, knowing all this, let us analyze Panov’s time series the same way we have analyzed above the Modis – Kurzweil list of “canonical milestones”. The

results of such an analysis look as follows (see Fig. 17 below).

In the double logarithmic scale the fit between the power-law model $y = 1,886/x^{1,01}$ (where x denotes number of years before the singularity point defined as 2027 CE) and the empirical estimates of Panov look as follows (see Fig. 18 below),

Actually, I expected that the equation best describing the Panov series should look fairly similar to the one best describing the Modis – Kurzweil one; but, to tell the truth, I did not expect that they would look SO SIMILAR (especially, keeping in mind that Modis and Panov relied on totally different sources, and that the resultant lists of “canonical milestones” were very far from being identical).

However, the resultant equations turned out to be EXTREMELY similar (this is especially striking taking into consideration the point that neither Modis, nor Panov tried to approximate their time series with Eq. (10)). Indeed, in the unsimplified form the power-law equation best describing the acceleration pattern in the Modis – Kurzweil series looks as follows (see Fig. 10 above):

$$y = \frac{2,054}{(2029-t)^{1,003}}, \quad (8)$$

where, let us recollect, y is the global macrodevelopment rate (number of phase transitions per a unit of time), and 2029 CE is the best-fit singularity point estimate.

In the meantime, the power-law equation best describing the acceleration pattern in the Panov (2005a) series looks as follows (see Fig. 18 above):

$$y = \frac{1,886}{(2027-t)^{1,01}}. \quad (9)$$

In general form, the respective equation looks as follows:

$$y = \frac{C}{(t^*-t)^\beta}. \quad (10)$$

Table 2. Correlation between the phase transition lists of Modis and Panov for the period between 400 million years ago and 150,000 years ago	
<i>Modis – Kurzweil series</i>	<i>Panov (2005a) series</i>
<p>(6) First mammals, first birds, first dinosaurs – 210 million years ago.</p> <p>(7) First flowering plants, oldest angiosperm fossil – 139 million years ago.</p> <p>(8) First primates/asteroid collision/mass extinction (including dinosaurs) – 54.6 million years ago.</p> <p>(9) First hominids, first humanoids – 28.5 million years ago.</p> <p>(10) First orangutan, origin of proconsul – 16.5 million years ago.</p> <p>(11) Chimpanzees and humans diverge, earliest hominid bipedalism – 5.1 million years ago.</p> <p>(12) First stone tools, first humans, <i>Homo erectus</i> – 2.2 million years ago.</p> <p>(13) Emergence of <i>Homo sapiens</i> – 555,000 years ago.</p> <p>(14) Domestication of fire / <i>Homo heidelbergensis</i> – 325,000 years ago.</p> <p>(15) Differentiation of human DNA types – 200,000 years ago.</p>	<p>(3) Reptiles revolution (The beginning of Mesozoic era) – 235 million years ago.</p> <p>(4) Mammalia revolution (The beginning of the Cenozoic era). Dinosaurs died out. Mammalia animals became the leader of the evolution on the terra firma. – 66 million years ago.</p> <p>(5) Hominoid revolution (The beginning of the Neogene period). A big evolution explosion of Hominoidea (apes) – 22.5 million years ago.</p> <p>(6) The beginning of Quaternary period (Anthropogene) / The first primitive Homo genus (hominidae) separated from hominoidea – 4.4 million years ago.</p> <p>(7) Palaeolithic revolution / <i>Homo habilis</i>, the first stone implements – 1.8 million years ago.</p> <p>(8) The beginning of Chelles period – 650,000 years ago. Fire, <i>Homo erectus</i>.</p> <p>(9) The beginning of Acheulean period. Standardized symmetric stone implements.– 400,000 years ago.</p>

This equation has 3 parameters – C , t^* , and β . Note that all the three parameters turn out to be extremely close for both Modis – Kurzweil and Panov.

Formulas of the acceleration of global macroevolutionary development in Panov and Modis – Kurzweil series: a comparison

Indeed, the comparison of the best-fit power-law equations for both series yields the following results (see Table 3 on page 97).

Actually, for me the most impressive result was not even that the singularity (t^*) parameters for both regressions have turned out to be so close (just 2 year

difference!). For me, an even more impressive point is that exponent β in both cases has turned out to be so close to 1, which, incidentally, allows to reduce an already very simple power-law Eq. (10)

$$y = \frac{C}{(t^* - t)^\beta} \tag{10}$$

to an even simpler hyperbolic Eq. (5):

$$y_t = \frac{C}{t^* - t} \tag{5}$$

Even the third parameter in Eq. (10) also turns out to be very similar for both Modis – Kurzweil ($C = 2.1$) and Panov ($C = 1.9$).

A special remark should be said about the extremely close fit that theoretical curves generated by the extremely simple equations of (5) type demonstrate

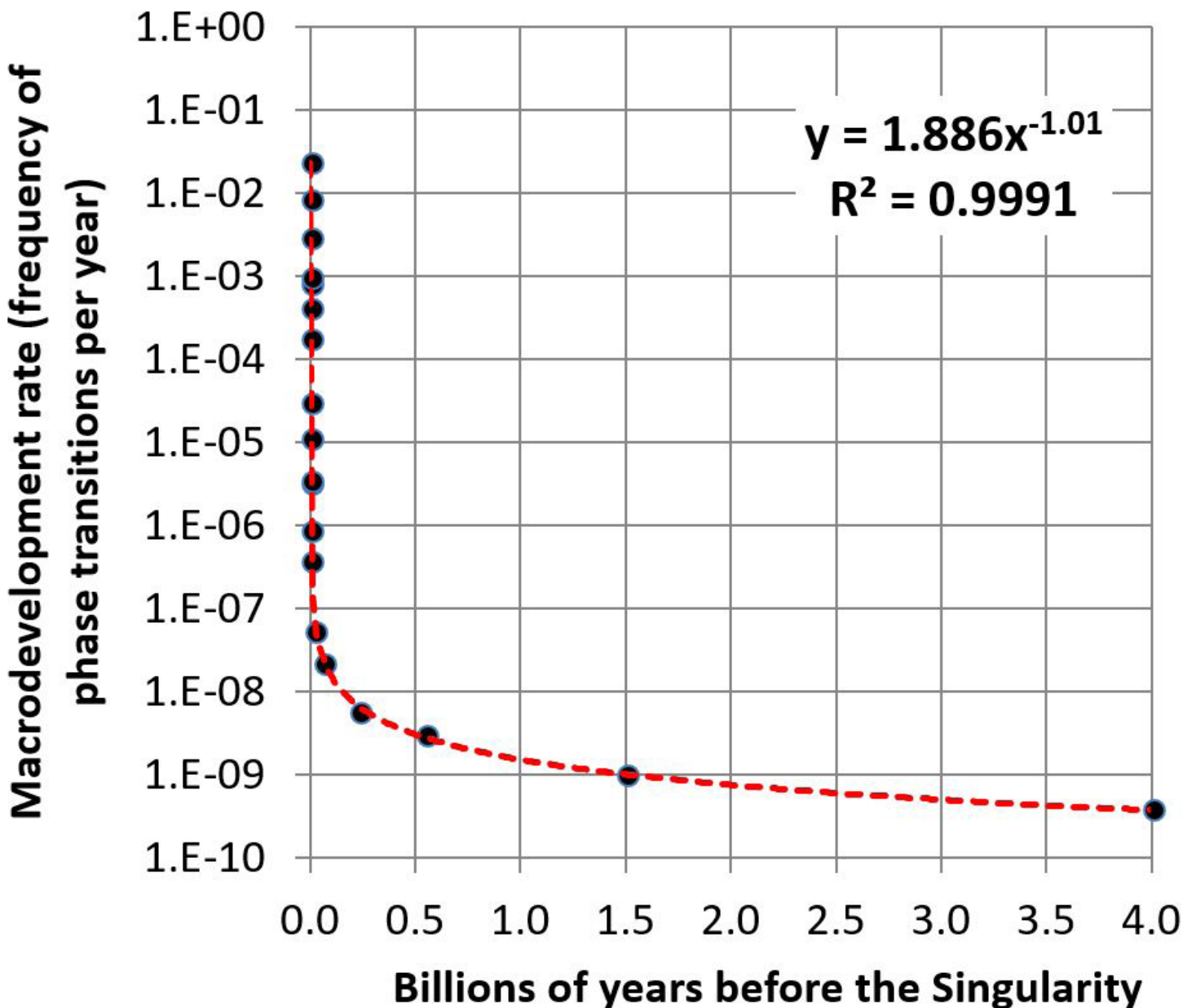


Fig. 17. Scatterplot of the phase transition points from Panov’s list with the fitted power-law regression line (with a logarithmic scale for the Y-axis) – for the Singularity date identified as 2027 CE with the least squares method.

with both Modis – Kurzweil and Panov series. With respect to Modis – Kurzweil Eq. (5) describes 99,89% of all the variation of planetary macroevolution development rate in the period of a few billion of years, whereas for Panov this fit reaches whopping 99,91% –

on the other hand, the extreme closeness of R^2 values for both regressions (just a 0.02% difference!) is rather impressive in itself (I would stress again that this looks especially impressive taking into consideration the fact that neither Modis, nor Panov tried to approximate

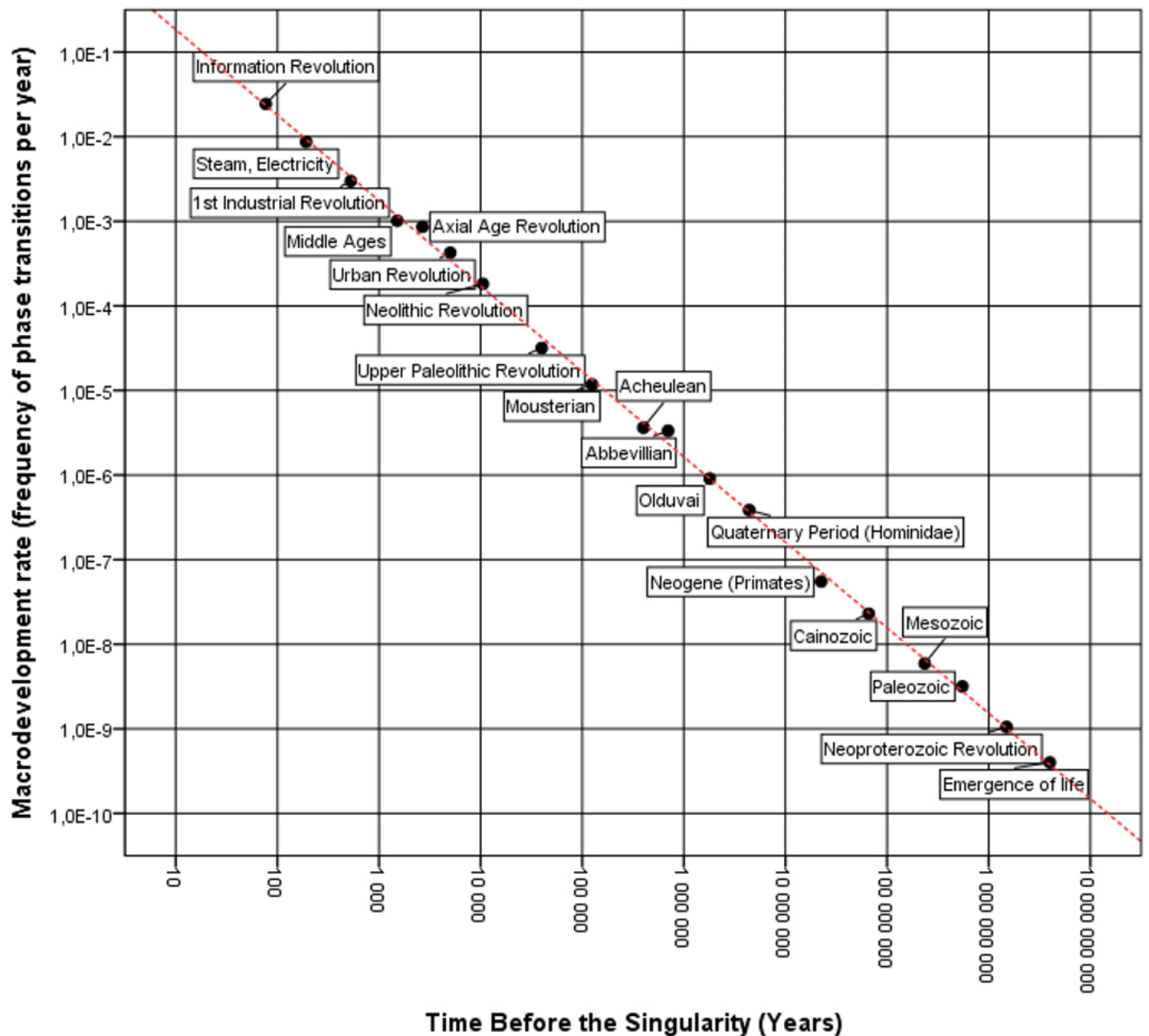


Fig. 18. Scatterplot of the phase transition points from Panov's list with the fitted power-law regression line (double logarithmic scale) – for the Singularity date identified as 2027 CE with the least squares method.

Table 3.	
<i>The power-law equation of type (10) demonstrating the best fit with the Modis – Kurzweil series</i>	<i>The power-law equation of type (10) demonstrating the best fit with the Panov series</i>
$y = \frac{2,054}{(2029-t)^{1,003}}, \quad (8), R^2 = 0.9989$	$y = \frac{1,886}{(2027-t)^{1,01}} \cdot \quad (9), R^2 = 0.9991$

their time series with equations (5) or (10)).

Needless to say, that the differential acceleration pattern for Panov also turns out to be very close to Modis – Kurzweil.

Indeed, as we have already mentioned, there are sufficient grounds to simplify Eq. (9)

$$y = \frac{1,886}{(2027-t)^{1,01}} \cdot \quad (9)$$

to the simple hyperbolic version (11)

$$y = \frac{1,9}{2027-t} \cdot \quad (11)$$

As we remember, such an algebraic equation can be regarded as a solution of the following differential equation that is very similar to the one that we obtained above for the Modis – Kurzweil series:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{1,9} \approx 0,5y^2. \quad (12)$$

Thus, the overall pattern of acceleration of planetary macroevolution that describes so accurately the Panov series of “biospheric revolutions” turns out to be virtually identical with the one that we have detected above for the Modis – Kurzweil series: “the increase in macroevolutionary development rate a times is accompanied by a^2 increase in the acceleration speed of this development rate; thus, a twofold increase in macroevolutionary development rate tends to be accompanied by a fourfold increase in the acceleration speed of this development rate; an increase in macroevolutionary development rate 10 times tended to accompanied by 100 times increase in

the acceleration speed of this development rate; and so on...”.

To my mind, all these indicate the existence of sufficiently rigorous global macroevolutionary regularities (describing the evolution of complexity on our planet for a few billion of years), which can be surprisingly accurately described by extremely simple mathematical functions.

A striking discovery of Heinz von Foerster

It appears appropriate to recollect at this point that in their famous article published in the journal *Science* in 1960 von Foerster, Mora, and Amiot presented their results of the analysis of the world population growth pattern. They showed that between 1 and 1958 CE the world with population (N) dynamics can be described in an extremely accurate way with the following astonishingly simple equation:

$$N_t = \frac{C}{(t^* - t)^{0,99}}, \quad (13)$$

where N_t is the world population at time t , and C and t^* are constants, with t^* corresponding to the so called „demographic singularity“. Parameter t^* was estimated by von Foerster and his colleagues as 2026.87, which corresponds to November 13, 2026; this made it possible for them to supply their article with a public-relations masterpiece title – „Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026“ (von Foerster, Mora, Amiot 1960). Note that von Foerster and his colleagues

detected the hyperbolic pattern of world population growth for 1 CE –1958 CE; later it was shown that this pattern continued for a few years after 1958, and also that it can be traced for many millennia BCE (Kapitza 1996a, 1996b, 1999; Kremer 1993; Tsirel 2004; Podlazov 2000, 2001, 2002; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a, 2006b). In fact Kremer (1993) claims that this pattern is traced since 1 000 000 BP, whereas Kapitza (1996a, 1996b, 2003, 2006, 2010) even insists that it can be found since 4 000 000 BP.

It is difficult not to see that the world population growth acceleration pattern detected by von Foerster in the empirical data on the world population dynamics between 1 and 1958 turns out to be virtually identical with the one that has been detected above with respect to both Modis – Kurzweil and Panov series describing the planetary macroevolutionary development acceleration. Note that the power-law regression has yielded for all the three series the value of exponent β being extremely close to 1 (1.003 for the Modis – Kurzweil series, 1.01 for Panov, and 0.99 for von Foerster).

However, the resultant proximity of parameter t^* (that is just the singularity time point) estimates is also really impressive (the power-law regression suggests 2029 for the Modis – Kurzweil series, 2027 for Panov series, and just the same 2027 for von Foerster series²⁷). We have already mentioned that, as was the case with equations (8) and (9) above, in von Foerster's Eq. (13)

27 Note that the power-law regression that produced this value for the world populations series had been performed more than 50 years before a similar regression produced the same value of t^* for the Panov series (actually, the first regression was performed before the birth of the author of the present article). Still I would not take too seriously such astonishingly similar values of t^* parameter produced by different power-law regressions for very different time series in very different years; of course, there is a very high degree of coincidence here. In any case, as we will see below, there are no grounds at all to expect anything like Doomsday on Friday, November 13, A.D. 2026...

the denominator's exponent (0.99) turns out to be only negligibly different from 1, and as was already suggested by von Hoerner (1975) and Kapitza (1992, 1999), it can be written more succinctly as

$$N_t = \frac{C}{t^* - t}. \quad (14)$$

As we see the resultant equation turns out to be entirely identical with Eq. (5) above that described so accurately the overall planetary macrodevelopment acceleration pattern since at list 4 billion years ago. Note that Eq. (14) has turned out to be as capable to describe in an extremely accurate way the world population dynamics (up to the early 1970s), as Eq. (5) is capable to describe the overall pattern of macrodevelopment acceleration (at least between 4 billion BCE and the present). We will show just an example of such a fit.

Let us take Eq. (14). Now replace t^* with 2027 (that is the result of just rounding of von Foerster's number, 2026.87), and replace C with 215000.²⁸ This gives us a version of von Foerster – von Hoerner – Kapitza Eq. (14) with certain parameters:

$$N_t = \frac{215000}{2027 - t}. \quad \{15\}$$

The overall correlation between the curve generated by von Foerster's equation and the most detailed series of empirical estimates looks as follows (see Fig. 19).

As we see, indeed, Eq. (14) has turned out to be as capable to describe in an extremely accurate way the world population dynamics (up to the early 1970s), as Eq. (5) is capable to describe the overall pattern of global macrodevelopment acceleration.

In the Big History context it is definitely of great significance that Eq. (5) describing the global acceleration of the macroevolutionary development rates and Eq. (14) describing the world population

28 Note that all the calculations below of the world population are conducted in millions. Note also that the value of parameter C used by us is a bit different from the one used by von Foerster.

growth are entirely identical. What is more, both empirical and mathematical analyses indicate that there a rather deep substantial connection between those two equations, that they describe two different aspects of the same global macroevolutionary process (see Appendix 1 below).

On the formula of acceleration of the global evolutionary development

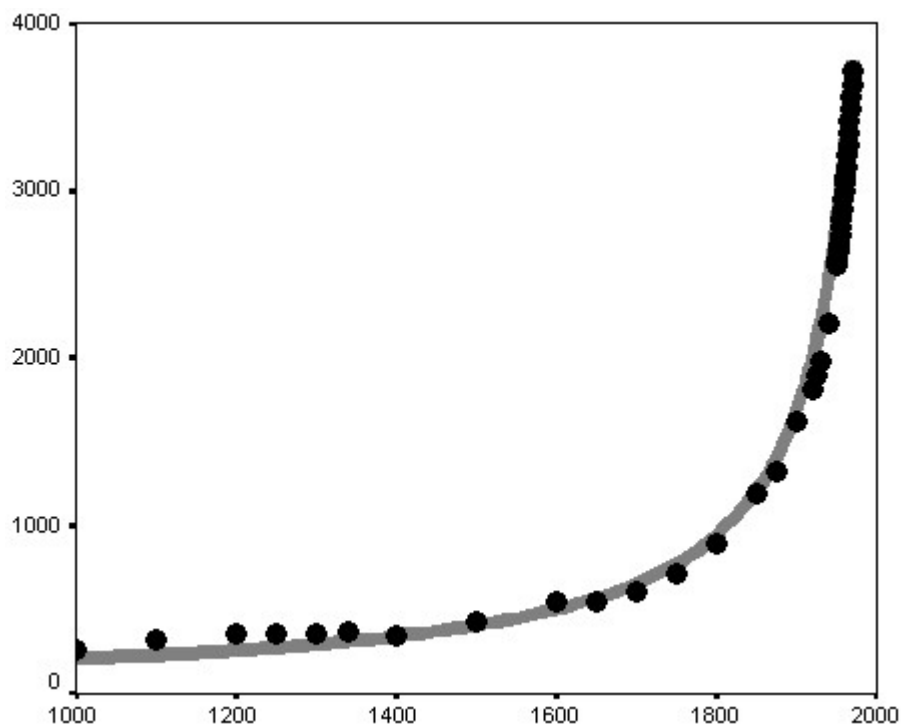
I must say that I had serious doubts when I first got across calculations of Panov and Modis (and I am not surprised that most historians get very similar doubts when they see their works). I have lots of complaints regarding the accuracy of many of their descriptions of their “canonical milestones”, their selection, and their datings. I have only started taking their calculations seriously, when I analyzed myself the two respective time series compiled (as we have seen above) entirely independently by two independently working scientists using entirely different sources with a mathematical model not applied to their analysis either by Modis or by Panov, and found out that they are described in an extremely accurate way by an almost identical mathematical hyperbolic function – suggesting the actual presence of a rather simple hyperbolic planetary macroevolution acceleration pattern observed in the Earth for the last 4 billion years. This impression became even stronger when the equation describing the planetary macroevolution acceleration pattern turned out to be identical with the equation that was found by Heinz von Foerster in 1960 to describe in an extremely accurate way the global population growth acceleration pattern between 1 and 1958 CE.

I had some grounds to expect that the planetary macroevolutionary acceleration in the last 4 billion

years could be described by a single hyperbolic equation quite accurately, because our earlier research found that both biological and social macroevolution could be described by rather similar simple hyperbolic equations (Korotayev 2005, 2006a, 2006b, 2007a, 2007b, 2008, 2009, 2012, 2013; Korotayev, Khaltourina 2006; Khaltourina *et al.* 2006; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a, 2006b; Markov, Korotayev 2007, 2008, 2009; Markov, Anisimov, Korotayev 2010; Korotayev, S. Malkov 2012; Korotayev, Markov 2014, 2015; Grinin, Markov, Korotayev 2013, 2014; 2015; Korotayev, A. Malkov 2016; Zinkina, Shulgin, Korotayev 2016; Korotayev, Zinkina 2017), but I

Fig. 19. Correlation between Empirical Estimates of World Population (in millions, 1000 – 1970) and the Curve

Generated by von Foerster’s Equation (15)



NOTE: black markers correspond to empirical estimates of the world population by McEvedy and Jones (1978) for 1000–1950 and UN Population Division (2018) for 1950–1970. The grey curve has been generated by von Foerster’s Eq. (15). $R^2 = 0.996$.

must say that even I was really astonished to find such a close fit.

To my mind, all these indicate the existence of sufficiently rigorous global macroevolutionary regularities (describing the evolution of complexity on our planet for a few billion of years), which can be surprisingly accurately described by extremely simple mathematical functions, as well as the presence of a global planetary macroevolutionary development acceleration pattern described by a very simple equation:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{C_1}, \quad (6)$$

where C_1 is a parameter in the following hyperbolic equation:

$$y_t = \frac{C_1}{t^* - t}, \quad (5)$$

where t^* is the singularity date.

It is also not without interest that the singularity dates in all the three (rather different) cases under consideration have turned out to be almost entirely identical (2029 CE for Modis – Kurzweil, and 2027 CE for both Panov and von Foerster).

Toward the Singularity interpretation. The place of the Singularity in the Big History and global evolution

But how seriously should we take the prediction of “singularity” contained in such mathematical models? Should we really expect with Kurzweil that around 2029 we should deal with a few order of magnitude acceleration of the technological growth (indeed, predicted by Eq. (4) if we take it literally²⁹)?

I do not think so. This is suggested, for example, by the empirical data on the world population

²⁹ This is done, for example, by Nazaretyan (2015a, 2018).

dynamics. As we remember, the global population growth acceleration pattern discovered by Heinz von Foerster is identical with planetary macroevolutionary acceleration patterns of Modis – Kurzweil and Panov, and it is characterized by the singularity parameter (2027 CE) that is simply identical for Panov and has just 2 year difference with Modis – Kurzweil. However, what are the grounds to expect that by Friday, November 13, A.D. 2026 the world population growth rate will increase by a few orders of magnitude as is implied by von Foerster equation? The answer to this question is very clear. There are no grounds to expect this at all. Indeed, as we showed quite time ago, “von Foerster and his colleagues did not imply that the world population on [November 13, A.D. 2026] could actually become infinite. The real implication was that the world population growth pattern that was followed for many centuries prior to 1960 was about to come to an end and be transformed into a radically different pattern. Note that this prediction began to be fulfilled only in a few years after the “Doomsday” paper was published” (Korotayev 2008: 154).

Indeed, starting from the early 1970s the world population growth curve began to diverge more and more from the almost ideal hyperbolic shape it had before (see Figs. 19 and 20) (see, e.g., Kapitza 2003, 2006, 2007, 2010; Livi-Bacci 2012; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a, 2006b; Korotayev, Goldstone, Zinkina 2015; Grinin, Korotayev 2015; UN Population Division 2018), and in recent decades it has been taken more and more clearly logistic shape – the trend towards hyperbolic acceleration has been clearly replaced with the logistic slow-down (see Fig. 20).

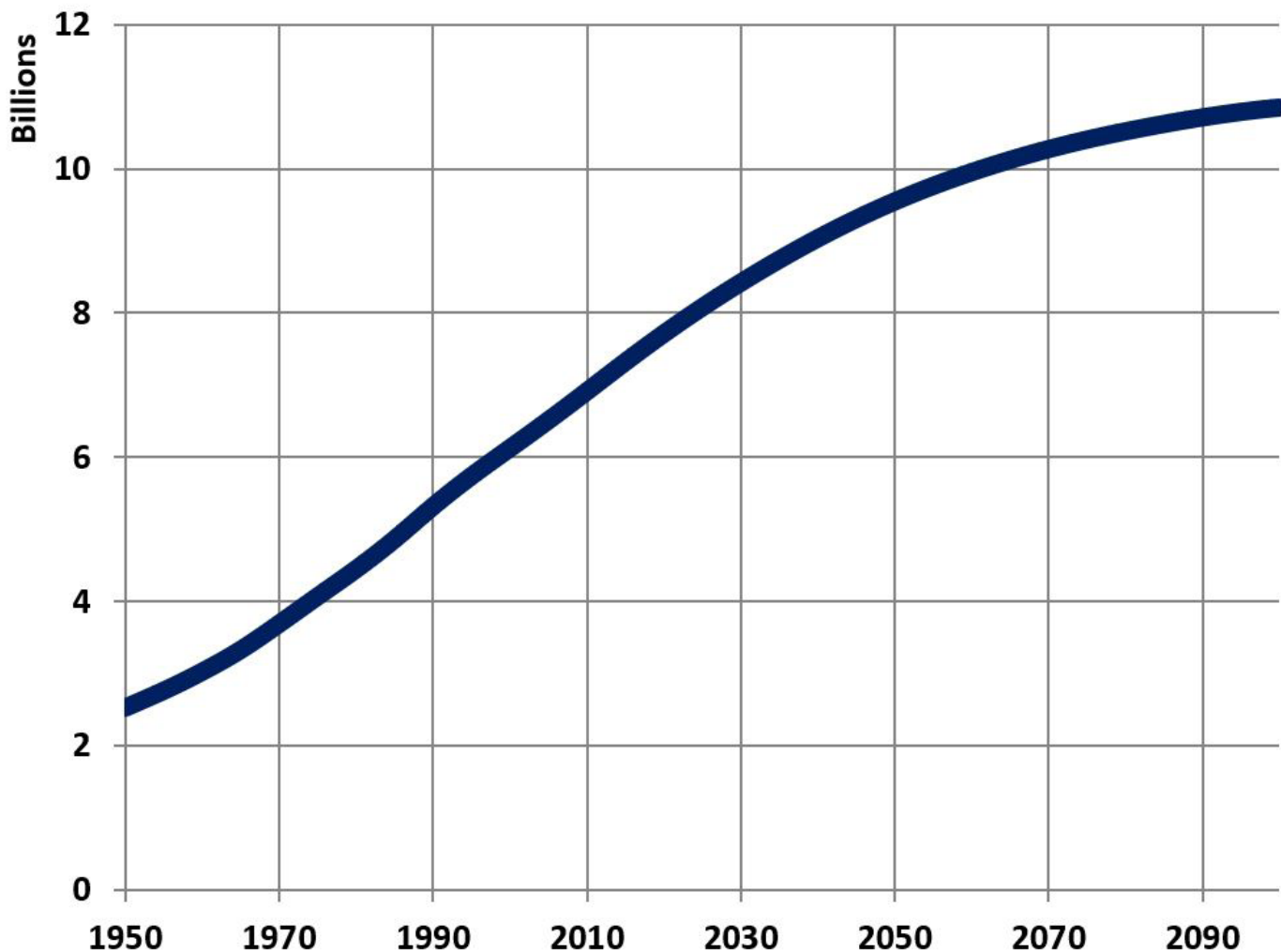
In some respect, it may be said that von Foerster did discover the singularity of the human demographic history; it may be said that he detected that the human World System was approaching the singular period in its history when the hyperbolic accelerating trend that it had been following for a few millennia (and even a few millions of years according to some) would

be replaced with an opposite decelerating trend. The process of this trend reversal has been studied very thoroughly by now (see, e.g., Vishnevsky 1976, 2005; Chesnais 1992; Caldwell et al. 2006; Khaltorina et al. 2006; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a, 2006b; Korotayev 2009; Gould 2009; Dyson 2010; Reher 2011; Livi-Bacci 2012; Choi 2016; Podlazov 2017) and is known as the “global demographic transition” (Kapitza 1999, 2003, 2006, 2010; Podlazov 2017). Note that in case of global demographic evolution the transition from the hyperbolic acceleration to logistic deceleration started a few decades before the singularity point mathematically detected by von Foerster.

There are all grounds to maintain that the deceleration of planetary macroevolutionary development has also already begun – and it started a few decades before the singularity time points detected both in Modis – Kurzweil and Panov.

So, how seriously should we take the prediction of “singularity” contained in hyperbolic mathematical models? For example, could we really use the point

Fig. 20. World population dynamics (billions), empirical estimates of the UN Population Division for 1950–2015 with its middle forecast till 2100
Source: UN Population Division 2018.



that our analysis of the Modis – Kurzweil time series reveals a singularity around 2029 CE as an indication to expect that around this time the transition to Big History Threshold 9 could actually start?

Note that some big historians take such “mathematically grounded” predictions rather seriously. The most prominent among them is Akop Nazaretyan. In his article with a symptomatic title “Megahistory and Its Mysterious Singularity” in the Russian Academy of Sciences flagship journal he maintains the following:

“The solar system formed about 4.6 billion years ago, and the very first signs of life on Earth date back to 4 billion years. Thus, our planet became one of the (most likely, numerous) points on which the subsequent evolution of the metagalaxy was localized. Although its acceleration was noted long ago, a new circumstance has been discovered of late. The Australian economist and global historian G.D. Snooks, the Russian physicist A.D. Panov, and the American mathematician R. Kurzweil compared independently, proceeding from different sources and using different mathematical apparatuses, the time intervals between global phase transitions in biological, presocial, and social evolutions (Panov 2005a, 2008; Kurzweil 2005; Snooks 1996; Weinberg 1977). Calculations show that these periods decreased according to a strictly decreasing geometrical progression; in other words, the acceleration of evolution on the Earth followed a logarithmic law” (Nazaretyan 2015: 356). Furthermore, in his article in the recent issue of the *Journal of Globalization Studies* he goes on to claim that:

“having extrapolated the hyperbolic curve into the future, the researchers have come to a nearly unanimous (ignoring the individual interpretations) and even more striking result: around the mid 21st century, the hyperbole turns into a vertical. That is, the speed of the evolutionary processes tends to infinity, and the time intervals between new phase transitions vanish” (Nazaretyan 2017: 32; see also Nazaretyan

2015a: 357).

As we see, Nazaretyan does use the mathematical calculations of the singularity point for the global evolutionary hyperbola to predict the possible timing of Threshold 9 (that according to him should be much more profound than preceding Thresholds 7 (“Agricultural Revolution”) and 8 (“Modern Revolution”).

However, do the calculations presented by Panov in 2003–2005, or by us above, really give grounds to expect “the Singularity”/onset of Big History Threshold 9 between 2029 and 2050 CE? I do not think so.

In fact, as we can see, our paper appears to be the first attempt to “extrapolate the line of the hyperbolic acceleration to the future”³⁰. *Contra* Nazaretyan, such an attempt was not undertaken by Donald Snooks (1996), who did not try to calculate any mathematical singularities. No formal attempts to “extrapolate the line of the hyperbolic acceleration to the future” using any mathematical techniques have been undertaken by Ray Kurzweil – at least because he seems to be still sure that he is dealing with exponential (but not hyperbolic) acceleration. Thus, almost the only person who (before us) has conducted any attempts to calculate mathematically the singularity time for the line of the acceleration of the planetary evolution appears to be Alexander Panov (2005a, 2005b) – though in some respects this can be also said about Sergey Grinchenko (2001, 2004, 2006a, 2006b etc.), Theodore Modis (2002, 2003), and David LePoire (2013, 2015).

Panov’s technique was somehow different from the “extrapolation of the line of the hyperbolic acceleration to the future” (this was rather the

³⁰ While demonstrating that the resultant singularity should be interpreted as an indication of an inflection point, after which the pace of global evolution will begin to slow down systematically in the long term.

technique applied by us), but, no doubt, Panov has applied a rather rigorous mathematical technique to identify the Singularity of the planetary evolution. But what was the result of these calculations? After Panov applied his mathematical analysis to the time series starting from Phase Transition 0 (Emergence of the life on the Earth, \approx 4 billion BP) to Phase Transition 19 (“Crisis and collapse of the Communist Block, information globalization”), he found that the mathematical singularity point for this time series is in no way situated somewhere “around the mid 21st century” as is claimed by Nazaretyan, but in 2004 CE³¹ (Panov 2005a: 130; 2005b: 222). Nazaretyan has even happened to miss that soon after detecting this singularity point, Panov got involved in the study of the processes of the slow-down of the global technological-scientific growth (Panov 2009, 2013).

As LePoire puts it, “Big History trends of accelerating change and complexity with related increases in energy use may not be sustainable. The indications of potential slowdown in the rate of change in economies, technology, and social response were investigated. This is not to say that change will stop, just the rate of change will not accelerate. In fact, at the inflection point in a logistic learning curve only half of the discoveries have been made. Since there were three major phases in life, human, and technological civilization³², the continuation of the logistic curve would suggest three more phases³³. The direction of the development of technologies points to the next phase including enhanced human technology through advanced biotech and computer integration... A rapid change is not necessarily good.

31 Incidentally, this is very close to the singularity of 2005 CE that we detected earlier for Maddison (2001) series of the world GDP estimates (Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a, 2006b; Korotayev, Malkov 2016), and that was detected even much earlier for the same date by Rein Taagepera (1976) in the world GDP estimates available to him by that time.

32 This roughly corresponds to Big History Thresholds 5, 6, and 8.

33 And, thus, at least three more Big History Thresholds.

It tends to push systems away from efficiency because there are little long-term expectations...” (LePoire 2013: 115–116). As major factors of the starting deceleration LePoire names “higher costs of energy and limited natural resources, the diminished rate of fundamental discovery in physical sciences, and the need for investment in environmental maintenance” (LePoire 2013: 109).

Note that Modis (2002, 2003, 2005, 2012) also interprete the maximum acceleration of the complexity growth rate that he detects around 2000 CE as an inflexion point after which we will deal with the deceleration of the global complexity growth rate. In fact, the earliest known to me attempt to detect mathematically a singularity in a series of what Modis would call “canonical milestones” of planetary evolution³⁴ was undertaken in 2001 (thus, just a year before Modis’ seminal article in the *Technological Forecasting and Social Change*) by Sergey Grinchenko (see Grinchenko 2001; see also Grinchenko 2004, 2006a, 2006b; 2007, 2011, 2015; Grinchenko, Shchapova 2010, 2016, 2017a, 2017b; Shchapova, Grinchenko 2017); the singularity point was detected by him mathematically³⁵ as 1981 CE, whereas the subsequent period was interpreted by Grinchenko as a period of deceleration of the “metaevolution rate”. Note that this correlates very well with our detection of 1973 CE as an inflection point, after which the hyperbolic acceleration of the world population growth (as well

34 The earliest attempt to detect mathematically the singularity on the basis of data from the human history seems to have been undertaken in 1909 by Henry Adams who found it for year 1921 according to one version of calculations, and, according to the second version of his calculations – for 2025 CE (Adams 1969 [1909]: 308) – incidentally not so far at all from 2027 CE detected by Heinz von Foerster in 1960, and by us in the Panov series just above...

35 Note that for the detection of the singularity in his series Grinchenko applied a methodology that was somehow different from the methodologies used either by Panov or by me above.

as the quadratic hyperbolic acceleration of the world GDP growth) started to be replaced in the long term by the opposite deceleration trend (Korotayev 2006a; Korotayev et al. 2010; Korotayev, Bogevolnov 2010; Akaev et al. 2014; Sadovnichy et al. 2014; Korotayev, Bilyuga 2016). This is well supported by the growing body of evidence suggesting the start of the long term deceleration of the global techno-scientific and economic growth rates in the recent decades (see, e.g., Krylov 1999, 2002, 2007; Huebner 2005, Khaltourina, Korotayev 2007; Maddison 2007; Korotayev, Bogevolnov, 2010; Korotayev et al. 2010; Modis 2002, 2005, 2012; Akaev 2010; Gordon 2012; Teulings and Baldwin 2014; Piketty 2014; LePoire 2005, 2009, 2013, 2015; Korotayev, Bilyuga 2016; Popović 2018 etc.).

Conclusion

Thus the analysis above appears to indicate the existence of sufficiently rigorous global macroevolutionary regularities (describing the evolution of complexity on our planet for a few billion of years), which can be surprisingly accurately described by extremely simple mathematical functions. At the same time this analysis suggests that in the region of the singularity point there is no reason, after Kurzweil, to expect an unprecedented (many orders of magnitude) acceleration of the rates of technological development. There are more grounds for interpreting this point as an indication of an inflection point, after which the pace of global evolution will begin to slow down systematically in the long term.

Appendices³⁶

Appendix 1. Relationship between the pattern of the planetary complexity growth and the equation of the world population hyperbolic growth

36 I would like to express my deep gratitude to Sergey Shulgin and Alexey Fomin for their invaluable help with the calculations contained in Appendices 1 and 2.

As we could see above, the pattern of the acceleration of the planetary complexity growth (5) has turned out to be virtually identical with the equation discovered by von Foerster et al. (1960) to describe almost perfectly the hyperbolic growth of the global population (14). Indeed, as regards the Panov series, the equation describing the acceleration of the planetary complexity growth looks as follows (cf. formula (11) above):

$$y_t = \frac{C_1}{2027-t} \quad (16)$$

It is not difficult to see that this formula is virtually identical with the law of the hyperbolic growth of the Earth population discovered by von Foerster well in 1960 (see Eq. (15) above and below):

$$N_t = \frac{C_2}{2027-t} \quad (15)$$

It is easy to see that these two equations only differ with respect to the value of parameter C in the numerator.

Note, however, that this acceleration pattern is not trivial at all. In the meantime, it appears important to note that, notwithstanding some fundamental similarity, the pattern of the planetary macroevolutionary acceleration (that can be traced in the Panov and Modis – Kurzweil series) differs substantially from the pattern discovered by von Foerster with respect to the world population growth.

The point is that y of Eq. (16) is the global complexity *growth rate*, that is why equation $y = C_1/2027-t$ does not describe the growth of the global complexity; it describe precisely the increase in the global complexity growth rate. And, that is why y of Eq. (16) does not correspond to the world population (N) of Eq. (15); it corresponds to the world population *growth rate*; whereas the equation describing the growth of the *world population* (N) differs substantially from the equation describing the dynamics of the world population *growth rate* (dN/dt).

Indeed, as we remember, algebraic equation of type

$$y_t = \frac{C}{t^* - t}, \quad (5)$$

can be regarded as the solution of differential equation of type

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^2}{c_1}. \quad (6)$$

Thus, if the world population grows according to the following law: $N = C_2/t^* - t$ (14), its growth rate will follow a rather different law:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C}. \quad (17)$$

On the other hand, substituting N with $C/t^* - t$ in $dN/dt = N^2/C$ we get

$$\frac{dN}{dt} = \left(\frac{C}{t^* - t}\right)^2 : C = \frac{C^2}{(t^* - t)^2} : C = \frac{C}{(t^* - t)^2}.$$

Thus, the world *population* grows³⁷ following the *simple* hyperbolic law

$$N_t = \frac{C_2}{2027 - t}, \quad (15)$$

whereas the world population *growth rate* increases following the *quadratic* hyperbolic law:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{C_2}{(2027 - t)^2}. \quad (18)$$

Compare this now with equations describing the growth of global complexity. Let us (with Fomin (2018) and Panov (2004, 2005a, 2005b)) denote global complexity level as n .³⁸ With such an approach, the abovementioned variable y may be denoted as dn/dt . As we remember, the global complexity growth rate ($y = dn/dt$) increases in the Panov series³⁹ following the law that is substantially different from the equation describing the dynamics of the world population growth rate (18):

37 Or, to be more exact, it grew this way till the early 1970s.

38 Note that within this perspective the level of planetary complexity at a given time will be calculated by the number (n) of “biospheric revolutions” (according to Panov – Fomin) or “complexity jumps” (according to Modis) – based on the assumption that every “complexity jump” adds to the present n one more level of complexity.

39 Note, however, that within the Modis – Kurzweil series the global complexity growth rate increases following the same law (with a slightly different values of parameters C_1 and t^*).

$$y = \frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{2027 - t}. \quad (11)$$

Note that the solution of differential Eq. (11) looks as follows:

$$n_t = A - C_1 \cdot \ln(2027 - t), \quad (19)$$

where A is a constant⁴⁰.

Thus, the growth of planetary complexity (n) follows the law that is rather different from the one followed by the world population (N) growth (see Table 4 above).

As we see, the world population (N) grew (until the early 1970s) following a simple hyperbolic law ($N_t = C/t^* - t$), whereas the global complexity was increasing following a logarithmic hyperbolic law ($n_t = \text{const} - C \cdot \ln(t^* - t)$).

On the other hand, the world population growth rate (dN/dt) changed (until the early 1970s) following a QUADRATIC hyperbolic law ($dN/dt = C/(t^* - t)^2$), whereas the global complexity growth rate was increasing following a SIMPLE hyperbolic law ($dn/dt = C/t^* - t$).

Nevertheless, the question remains – is this a coincidence that (until the early 1970s) the global complexity growth RATE (dn/dt) in the Panov series and the world population (N) were increasing following the same law: $x_t = C/2027 - t$? Note that calculations performed by Alexey Fomin (2018) suggest that this might not be a mere coincidence.

Indeed, Alexey Fomin (2018) brings our attention to the point that during the social phase of the Big History / Universal Evolution, the population of the

40 Incidentally, the calculations performed by Alexander Fomin (2018) allow to identify the value of this constant for the Panov series. It turns to be equal to $\ln T / \ln \alpha$, where T is the period of the existence of life on the Earth (that can be estimated as ≈ 4 billion years), and α is “a coefficient of acceleration of historical time” (Panov 2005a: 128) / “a coefficient of reduction of the duration of each subsequent evolution phase” (Panov 2005b: 222). For more detail on the coefficient α see below (in particular, Appendix 2).

	Equations describing the global complexity (n) growth (for the Panov series)	Equations describing the world population (N) growth (for the von Foerster – Kapitza series)
Growth of global complexity / world population	$n_t = A - C_1 \cdot \ln(2027 - t)$, (19)	$N_t = \frac{C_2}{2027-t}$, (15)
Increase in the <i>growth rates</i> of global complexity/ world population	$y = \frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{2027-t}$. (11)	$\frac{dN}{dt} = \frac{C_2}{(2027-t)^2}$ (18)

Table 4. Comparison between equations describing the planetary complexity growth, on the one hand, and the world population growth, on the other.

Earth between each pair of “biospheric revolutions” increased about the same number of times (somewhere around 2.8). It should be noted that this is not in bad agreement with many mathematical models of hyperbolic growth of the world population⁴¹, as such models tend to consider the hyperbolic growth of the world population as a result of the functioning of the positive feedback mechanism of the second order between demographic growth and technological development, when technological development (most vividly manifested precisely as “biospheric revolutions” – e.g., the Neolithic Revolution, or the Industrial Revolution) significantly accelerated the growth rate of the population, which (by virtue of the principle “the more people, the more inventors”⁴²)

41 See, e.g., Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a, 2006b; Taagepera 1976; Kremer 1993; Podlazov 2000, 2001, 2002; Tsirel 2004; Korotayev, Malkov, Khaltourina 2006a; Korotayev, S. Malkov 2012; Korotayev 2012, 2013; Korotayev, A. Malkov 2016; Grinin, Markov, Korotayev 2013, 2014, 2015.

42 As Kremer puts it, “high population spurs technological change because it increases the number of potential inventors... In a larger population there will be proportionally more people lucky or smart enough to come up with new ideas” (Kremer 1993: 685–686). Kremer rightly notes that “this implication flows naturally from the nonrivalry of technology....The cost of inventing a new technology is independent of the number of people who use it. Thus, holding constant the share of resources

through collective learning mechanisms accelerated onset of each successive “biospheric revolution” (that usually corresponded to a new major technological breakthrough). Moreover, Fomin (2018) convincingly demonstrates mathematically that “if there is a hyperbolic growth in the number of evolutionary units (the generalized name of the population for the case of both biological and social evolution), then the increase in the number of these units in the same number of times α will lead to the fact that the time intervals between the moments of these increments will be reduced in exactly the same number of times α ” – that is, if between the biospheric revolutions the population on average increases by a factor of α , then (against the background of hyperbolic growth of the world population) the intervals between each subsequent pair of biospheric revolutions will be reduced by a factor of α (it appears appropriate to recollect at this point that this coefficient α is nothing else but what Panov (2005a: 128) denotes as “a coefficient of acceleration of historical time” (Panov 2005a: 128) / “a coefficient of reduction of the duration of each subsequent devoted to research, an increase in population leads to an increase in technological change” (Kremer 1993: 681). Note that we are dealing here with a mechanism that is actually identical with what David Christian denotes as “collective learning” effect (Christian 2005).

evolution phase⁴³” (Panov 2005b: 222)). At the same time, Fomin’s empirical calculations confirm that the average value of the increase in population between biospheric revolutions is approximately equal to the average value of the shortening of the time periods between biospheric revolutions. Fomin’s calculations show that both values are located within the interval 2.5–2.8, which is close enough to the value of α , empirically calculated by Panov (2,67, see, e.g., Panov 2005a: 130; 2005 b: 222).

Already from the fact that the average value of the population increase between biospheric revolutions is approximately equal to the average value of the shortening of time between biospheric revolutions, it follows that the growth rate of global complexity (dn/dt) should be proportional to the population of the Earth (N), and therefore N and dn/dt must grow according to one law. Indeed, if N has increased by a factor of α , then the distance to the next biospheric revolution must be reduced by a factor of α too. But we calculate the growth rate of global complexity (dn/dt) just as “1” divided by the number of years between biospheric revolutions (which gives us “the number of biospheric revolutions per year”). Thus, the reduction of time between biospheric revolutions by a factor of α means by definition that the intensity of the global macroevolution rate (dn/dt) should increase by the same factor of α . This means that if the increase of N by a factor of α is accompanied by a reduction in the time between biospheric revolutions by a factor of α , and the reduction of the time between biosphere revolutions by a factor α increases the intensity of the global macroevolution (dn/dt) by a factor α , then the increase of N by α times should be accompanied by an increase in dn/dt by a factor of α , which means that N is proportional to dn/dt , and they grow according to one law.

Now, let us demonstrate this more formally. Since the movement from one biospheric revolution to another

43 That is a period between “biospheric revolutions” / “complexity jumps”. – A.K.

is accompanied by an increase in population N by a factor of α and an increase in the index of global complexity n by one unit, we obtain:

$$N = k \cdot \alpha^n, \quad (20)$$

where k is a coefficient of proportionality between N and α^n .⁴⁴

Taking into account that

$$N_t = \frac{C_2}{2027-t}, \quad (15)$$

we arrive at:

$$k \cdot \alpha^n = \frac{C_2}{2027-t}. \quad (21)$$

This implies the following:

$$\ln(k \cdot \alpha^n) = \ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right), \quad (22)$$

$$\ln(k) + \ln(\alpha^n) = \ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right), \quad (23)$$

$$\ln(k) + n \ln(\alpha) = \ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right), \quad (24)$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{C_2}{2027-t}\right) - \ln(k)}{\ln(\alpha)}. \quad (25)$$

Differentiating expression (25), we obtain:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{\ln(\alpha)} \cdot \frac{1}{2027-t}, \quad (26)$$

or

$$\frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{2027-t}, \quad (11)$$

where $C_1 = 1/\ln(\alpha)$.⁴⁵

Thus, we obtain analytically that if the world population (N) grows hyperbolically according to the law $N_t = C_2 / 2027 - t$, whereas the ratio $N = k \cdot \alpha^n$ is observed between the index of global complexity (n)

44 Note that an empirical test performed by Alexey Fomin (2018) supported the hypothesis of the presence of this non-trivial relationship.

45 Note that, among other things, our calculations allow us to establish analytically the value of the parameter C_1 in Eq. (11).

and the population of the Earth (N), then the global complexity growth rate (dn/dt) will increase according to the same hyperbolic law ($x = C / 2027 - t$) as the population of the Earth.

So, the calculations suggest that the fact that, up to the beginning of the 1970s, the world population (N) and the global complexity increase RATE (dn/dt) in the Panov series grew following the same law ($x_t = C / 2027 - t$), is by no means a coincidence; it is rather a manifestation of a fairly deep pattern of the global evolution. Thus, in the social phase of universal and global history, the hyperbolic growth of the rate of increase in global complexity and the hyperbolic growth of the Earth's population are two closely related aspects of a single process.

Appendix 2.
On some patterns on global macroevolutionary acceleration.
Additional calculations

As has been shown by Alexander Panov⁴⁶, for his series of “biospheric revolutions” one can observe the following regularity:

$$t_n = t^* - \frac{T}{\alpha^n}, \quad (27)$$

where “the coefficient $\alpha > 1$ is a coefficient of reduction of the duration of each subsequent evolution phase comparing with the corresponding preceding one. T is a duration of the whole period of time under consideration⁴⁷, n is a number of phase transition, and t^* is the limit of the geometrical progression $\{t_n\}$ and t^* may be called as singularity of the evolution” (Panov 2005b: 222; see also Panov 2005a: 128). Note that, as we have shown above, n can also be well interpreted as a global complexity index.

For further calculations, Panov (2005a: 129; 2005b:

46 See, e.g., Panov 2005a, 2005b.

47 As mentioned above, T can be considered as the time of existence of life on Earth and equated to ≈ 4 billion (years).

222) transforms Eq. (27) along the following lines:

$$\lg(t^* - t_n) = \lg(T) - n \cdot \lg(\alpha). \quad (28)$$

However, Alexey Fomin (2018) shows that for a further analysis of the Panov model it is better to use a slightly different version of the transformation of Eq. (27):

$$\ln(t^* - t_n) = \ln(T) - n \cdot \ln(\alpha). \quad (29)$$

Indeed, Eq. (29) can be rewritten as follows:

$$n \cdot \ln(\alpha) = \ln(T) - \ln(t^* - t_n), \quad (30)$$

$$n = \frac{\ln(T)}{\ln(\alpha)} - \frac{1}{\ln(\alpha)} \cdot \ln(t^* - t_n), \quad (31)$$

$$n_t = A - C_1 \cdot \ln(t^* - t), \quad (19)$$

where $A = \ln(T)/\ln(\alpha)$, $a C_1 = 1/\ln(\alpha)$.

At the same time, as we recall, the algebraic equation (19) is a solution of the following differential equation:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{t^* - t}. \quad (11)$$

Thus, we obtain the same equations (19) and (11), which were obtained by us earlier in a somewhat different way.

Note that Panov's calculations indicate that the value of α equals 2,67, which, as Panov notes, turns out to very close to the numeric value of the mathematical constant e / Euler's number (2,718...), and one cannot exclude the “coefficient of acceleration of historical time” could turn out to be actually so close to Euler's number that the parameter α in equations (11), (31) and (20) may be replaced with e . In this case, the set of equations describing the hyperbolic acceleration of global macroevolutionary development rate appears particularly elegant in its simplicity. Indeed, taking into consideration the point that in the equation

$$n_t = A - C_1 \cdot \ln(2027 - t), \quad (19)$$

$A = \ln(T)/\ln(\alpha)$, and $C_1 = 1/\ln(\alpha)$, when substituting e , instead of α , we arrive at

$$n_t = \ln(T) - \ln(2027 - t). \quad (32)$$

Taking into account the point that in the equation

$$\frac{dn}{dt} = \frac{C_1}{t^* - t}. \quad (11)$$

$C_1 = 1/\ln(\alpha)$, when substituting e , instead of α , we arrive at⁴⁸

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{2027 - t} \quad (33)$$

In addition, the equation

$$N = k \cdot \alpha^n, \quad (20)$$

when substituting e , instead of α looks as follows:

$$N = k \cdot e^n, \quad (34)$$

from which it follows that

$$n = \ln(N) - \ln(k). \quad (35)$$

As a result,⁴⁹ the set of equations describing the hyperbolic acceleration of the global macroevolutionary development rate turns out to be especially elegantly simple:

$$n_t = \ln(T) - \ln(2027 - t). \quad (32)$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{2027 - t} \quad (33)$$

$$N = k \cdot e^n, \quad (34)$$

$$n = \ln(N) - \ln(k). \quad (35)$$

where, let us recollect, n denotes the global complexity index, T is the period of the existence of the life on the Earth (~4 billion years), N is the world population,

48 Note that Fomin's (2018) calculations indicate that if, in calculating with the help of Eq. (11), t is taken not as the moment of the beginning of the period by which the derivative is calculated, but as its middle, then the value of the parameter C_1 turns out to be closer to 1 rather than to 2.

49 Note that equation 33 is virtually identical with the one presented by Kurzweil (2005: 23) in his graphic explanation of the notion of mathematical singularity (see Fig. 2 above).

and k is a constant.

However, it appears difficult not to agree with Alexander Panov (2005a: 130) that "the question whether the point [that the value of coefficient α is so close to e] has any deep sense remains open"...

References

- A.H. 1975.** Mesozoic era. *The New Encyclopedia Britanica*, 15th ed., vol. 11, Chicago: Encyclopedia Britanica. P. 1013–1017.
- A.P. 1975.** Cenozoic era. *The New Encyclopedia Britanica*, 15th ed., vol. 3, Chicago: Encyclopedia Britanica. P. 1079–1083.
- Adams H. 1969 [1909].** The Rule of Phase Applied to History. *The Degradation of the Democratic Dogma* / H. Adams. New York, NY: Harper & Row. P. 267–311.
- Akaev 2010 – Акаев А. А. 2010.** Фундаментальные пределы экономического роста и потребления. *Системный мониторинг глобальных и региональных рисков 2*: 12–30.
- Akaev et al. 2014 – Акаев А. А., Коротаев А. В., Малков С. Ю. 2014.** Современная ситуация и контуры будущего. *Комплексный системный анализ, математическое моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС. Предварительные результаты* / Отв. ред. А.А. Акаев, А.В. Коротаев, С.Ю. Малков. М.: Красанд/URSS. С. 10–31.
- Alvarez L. W., Alvarez W., Asaro F., Michel H. V. 1980.** Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208(4448): 1095–1108. DOI: 10.1126/science.208.4448.1095
- Antiseri, Reale 2001 – Антисери Д., Реале Дж. 2001.** *Западная философия от истоков до наших дней. Античность, средневековье.* СПб.: Петрополис (перевод на русский Д. Antiseri, G. Reale, *Il pensiero occidentale dalle origini ad oggi.* Editrice LA SCUOLA, Brescia, 1983-1994).

- Balashova et al. 2017** – Балашова Н. А., Савченко В. А., Сажиев Е. В., Назаретян А. П. 2017. Мегаистория и глобальные вызовы XXI века: синергетическая модель. *Историческая психология и социология истории* 10(1): 193–212.
- Barrow J.D., J. Silk J. 1980.** The structure of the early universe. *Scientific American* 242 (4): 118–128.
- Begun D.R. 2003.** Planet of the apes. *Scientific American* 289 (2): 64–73.
- Begun 2004** – Биган Д. 2004. Планета человекообразных. *В мире науки* (11): 68–77.
- Boriskovsky 1970** – Борисковский П. И. 1970. Ашельская культура. *Большая советская энциклопедия*. Т. 2. М.: Советская энциклопедия. С. 471.
- Boriskovsky 1974a** – Борисковский П. И. 1974a. Олдовой. *Большая советская энциклопедия*. Т. 18. М.: Советская энциклопедия. С. 369.
- Boriskovsky 1974b** – Борисковский П. И. 1974b. Мустьерская культура. *Большая советская энциклопедия*. Т. 17. М.: Советская энциклопедия. С. 134.
- Boriskovsky 1978** – Борисковский П. И. 1978. Шелльская культура. *Большая советская энциклопедия*. Т. 29. М.: Советская энциклопедия. С. 377.
- Burenhult G. 1993. (Ed.).** *The First Humans: Human Origins and History to 10,000 BC*. San Francisco: Harper.
- Caldwell J. C., Caldwell B. K., Caldwell P., McDonald P. F., Schindlmayr T. 2006.** *Demographic transition theory*. Dordrecht: Springer. DOI: 10.1007/978-1-4020-4498-4
- Callaghan V., Miller J., Yampolskiy R., Armstrong S. 2017.** *Technological Singularity*. Dordrecht: Springer. DOI: 10.1007/978-3-662-54033-6
- Carrol R. L. 1988.** *Vertebrate Paleontology and Evolution*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Carrol 1992** – Кэррол Р. 1992. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 1. М.: Мир.
- Carrol 1993a** – Кэррол Р. 1993a. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 2. М.: Мир.
- Carrol 1993b** – Кэррол Р. 1993b. *Палеонтология и эволюция позвоночных*. Т. 3. М.: Мир.
- Cervellati M., Sunde U., Zimmermann K. F. 2017.** Demographic dynamics and long-run development: insights for the secular stagnation debate. *Journal of Population Economics* 30(2): 401–432. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00148-016-0626-8>
- Chaisson E. J. 2006.** *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*. New York: Columbia University Press.
- Chesnais J. C. 1992.** *The demographic transition: Stages, patterns, and economic implications*. Oxford: Clarendon Press.
- Choi Y. 2016.** Demographic transition in sub-Saharan Africa: Implications for demographic dividend. *Demographic Dividends: Emerging Challenges and Policy Implications*. Dordrecht: Springer. P. 61–82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32709-9_4
- Christian D. 1991.** The case for ‘big history’. *Journal of World History* 2 (2): 223–237.
- Christian D. 2008.** *Big History: The Big Bang, Life on Earth, and the Rise of Humanity*. Chantilly, VA: The Teaching Company.
- Diakonov 1994** – Дьяконов И. М. 1994. *Пути истории. От древнейшего человека до наших дней*. М.: Восточная литература.
- Diakonov I. M. 1999.** *The paths of history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dyson T. 2010.** *Population and development. The demographic transition*. London: Zed Books.
- Eden A. H., Moor J. H., Søraker J. H., E. Steinhart. 2012. (Eds.).** *Singularity Hypotheses: A Scientific and Philosophical Assessment*. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-32560-1
- Fedonkin 2003** – Федонкин М. А. 2003. Сужение геохимического базиса жизни и эвкарриотизация биосферы: причинная связь. *Палеонтологический журнал* (6): 33–53.
- Foerster H. von, Mora P. M., Amiot L. W. 1960.** Doomsday: Friday, 13 November, AD 2026.

- Science* 132 (3436): 1291–1295.
- Foley 1990** – Фоули Р. 1990. *Еще один неповторимый вид. Экологические аспекты эволюции человека*. М.: Мир.
- Fomin 2018** – Фомин А. А. 2018. Сквозная гиперболическая эволюция от биосферы до техносферы. *Эволюция 10* (в печати).
- Galimov 2001** – Галимов Э. М. 2001. *Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции*. М.: Едиториал УРСС.
- Gordon R. J. 2012**. *Is US economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Gould W. T. S. 2009**. *Population and Development*. London: Routledge.
- Grinchenko 2001** – Гринченко С. Н. 2001. Социальная метаэволюция Человечества как последовательность шагов формирования механизмов его системной памяти. *Электронный журнал «Исследовано в России»* 145: 1652–1681.
- Grinchenko 2004** – Гринченко С. Н. 2004. *Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры)*. М.: ИПИ РАН, Мир.
- Grinchenko S.N. 2006a**. Meta-evolution of Nature System – The Framework of History. *Social Evolution & History* 5 (1): 42–88.
- Grinchenko 2006b** – Гринченко С. Н. 2006. История Человечества с информатико-кибернетических позиций: проблемы периодизации. *История и Математика* 1: 38–52.
- Grinchenko 2007** – Гринченко С.Н. 2007. *Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы)*. М.: ИПИ РАН.
- Grinchenko S.N. 2011**. The Pre- and Post-History of Humankind: What is it? *Problems of Contemporary World Futurology*. Newcastle-upon-Tyne: Cambridge Scholars Publishing. P. 341–353.
- Grinchenko 2015** – Гринченко С.Н. 2015. *Моделирование: индуктивное и дедуктивное. Проблемы исторического познания* / Отв. ред. К.В. Хвостова. М.: ИВИ РАН. С. 95–101.
- Grinchenko S.N., Shchapova Y.L. 2010**. Human History Periodization Models. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 80 (6): 498–506. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1019331610060055>
- Grinchenko S.N., Shchapova Y.L. 2016**. Archaeological epoch as the succession of generations of evolutive subject-carrier archaeological sub-epoch. *Philosophy of Nature in Cross-Cultural Dimensions*. Vienna: University of Vienna. P. 423–439.
- Grinchenko S.N., Shchapova Y.L. 2017a**. Archaeological Epoch as the Succession of Generations of Evolutive Subject-Carrier Archaeological Sub-Epoch. *Philosophy of Nature in Cross-Cultural Dimensions*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač. P. 478–499.
- Grinchenko, Shchapova 2017b** – Гринченко С. Н., Щапова Ю. Л. 2017. Палеоантропология, хронология и периодизация археологической эпохи: числовая модель. *Пространство и Время* 1 (27): 72–82.
- Grinin L., Korotayev A. 2015**. *Great Divergence and Great Convergence. A Global Perspective*. New York, NY: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-17780-9
- Grinin L., Markov A., Korotayev A. 2013**. On similarities between biological and social evolutionary mechanisms: Mathematical modeling. *Cliodynamics* 4(2): 185–228.
- Grinin L. E., Markov A. V., Korotayev A. V. 2014**. Mathematical modeling of biological and social evolutionary macro-trends. *History & Mathematics* 4: 9–48.
- Grinin L. E., Markov A. V., Korotayev A. V. 2015**. Modeling of Biological and Social Phases of Big History. *Evolution* 4: 111–150.
- Heidmann J. 1989**. *Cosmic Odyssey*. Cambridge: Cambridge University Press (Simon Mitton, Trans.).
- Hoerner S. J. von. 1975**. Population Explosion

- and Interstellar Expansion. *Journal of the British Interplanetary Society* 28: 691–712.
- Huebner J. 2005.** A possible declining trend for worldwide innovation. *Technological Forecasting and Social Change* 72(8): 980–986. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.01.003>
- J.B.W. 1975.** Paleozoic era, upper. *The New Encyclopedia Britannica*, 15th ed., vol. 13, Chicago: Encyclopedia Britannica. P. 921–930.
- Jaspers K. 1949.** *Vom Ursprung und Ziel der Geschichte*. München: Piper.
- Jaspers K. 1953.** *The Origin and Goal of History*. London: Routledge & Keegan Paul.
- Jaspers K. 1955.** *Von Ursprung und Ziel der Geschichte*. Frankfurt/Main: Fisher Bucherei.
- Jaspers 1991 – Ясперс К. 1991.** *Смысл и назначение истории*. М.: Политиздат.
- Johansen A., Sornette D. 2001.** Finite-time Singularity in the Dynamics of the World Population and Economic Indices. *Physica A* 294(3–4): 465–502. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(01)00105-4).
- Johanson D., Edgar B. 1996.** *From Lucy to Language*. New York: Simon and Schuster.
- Jones, C. 2018.** *Aging, secular stagnation and the business cycle*. Washington, DC: International Monetary Fund.
- Jones S. 1994. (Ed.).** *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kapitza 1992 – Капица С. П. 1992.** Математическая модель роста населения мира. *Математическое моделирование* 4(6): 65–79.
- Kapitza S. P. 1996a.** The phenomenological theory of world population growth. *Physics-uspekhi* 39(1): 57–71.
- Kapitza 1996b – Капица С. П. 1996.** Феноменологическая теория роста населения Земли. *Успехи физических наук* 166(1): 63–80.
- Kapitza 1999 – Капица С. П. 1999.** *Сколько людей жило, живет и будет жить на земле*. М.: Наука.
- Kapitza S. P. 2003.** The statistical theory of global population growth. *Formal descriptions of developing systems*. Springer: Dordrecht. P. 11–35. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-010-0064-2_2
- Kapitza S. P. 2006.** *Global population blow-up and after*. Hamburg: Global Marshall Plan Initiative.
- Kapitza 2007 – Капица С. П. 2007.** Демографический переход и будущее человечества. *Вестник Европы* (21): 7–16.
- Kapitza S. P. 2010.** On the theory of global population growth. *Physics-USpekhi* 53(12): 1287–1296.
- Khaltourina D. A., Korotayev A. V. 2007.** A modified version of a compact mathematical model of the World system economic, demographic, and cultural development. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov, N. P. Tretyakov. Moscow: RUDN. P. 274–277.
- Khaltourina, D., Korotayev, A., & Malkov, A. 2006.** A Compact Macromodel of the World System Demographic and Economic Growth, 1–1973 CE. *Cybernetics and Systems* / Ed. by R. Trappl. Vol. 1. Vienna: Austrian Society for Cybernetic Research. P. 330–335.
- Keller 1975 – Келлер Б. М. 1975.** Палеозойская группа (эра). *Большая советская энциклопедия*. Т. 19. М.: Советская энциклопедия.
- Korotayev A. 2005.** A compact macromodel of World System evolution. *Journal of World-Systems Research* 11(1): 79–93. DOI: <https://doi.org/10.5195/jwsr.2005.401>
- Korotayev A. V. 2006a.** The world system history periodization and mathematical models of socio-historical processes. *History & Mathematics: Analyzing And Modeling Global Development* / Ed. by L. Grinin, V. de Munck A. Korotayev. Moscow: KomKniga/URSS. P. 39–98.
- Korotayev A. 2006b.** The World System Urbanization Dynamics: A Quantitative Analysis. *History & Mathematics: Historical Dynamics and Development of Complex Societies* / Ed. by P. Turchin, L. Grinin, A. Korotayev, V. C. de Munck. Moscow: KomKniga/URSS. P. 44–62.

- Korotayev A. 2007a.** Compact mathematical models of world system development, and how they can help us to clarify our understanding of globalization processes. *Globalization as Evolutionary Process: Modeling Global Change* / Ed. by G. Modelski, T. Devezas, W. R. Thompson. London: Routledge. P. 133–160.
- Korotayev A. 2007b.** Secular Cycles and Millennial Trends: A Mathematical Model. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov, N. P. Tretyakov. Moscow: RUDN. P. 118–125.
- Korotayev A. 2008.** Globalization and mathematical modeling of global development. *Hierarchy and Power in The History Of Civilizations: Political Aspects Of Modernity* / Ed. by L. E. Grinin, D. D. Beliaev, A. V. Korotayev. Moscow: LIBROCOM/URSS. P. 225–240.
- Korotayev A. 2009.** Compact mathematical models of the world system development and their applicability to the development of local solutions in third world countries. *Systemic Development: Local Solutions in a Global Environment* / Ed. by J. Sheffield. Litchfield Park, AZ: ISCE Publishing. P. 103–116.
- Korotayev A. 2012.** Globalization and mathematical modeling of global development. *Globalistics and Globalization Studies* 1: 148–158.
- Korotayev A. 2013.** Globalization and Mathematical Modeling of Global Evolution. *Evolution: Development within Big History, Evolutionary and World-System Paradigms. Yearbook* / Ed. by L. E. Grinin and A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. P. 69–83.
- Korotayev, Bilyuga 2016 – Коротаев А. В., Бильюга С. Э. 2016.** О некоторых современных тенденциях мирового экономического развития. *Вестник Института экономики Российской академии наук* (4): 20–39.
- Korotayev, Bogevolnov 2010 – Коротаев А. В., Божевольнов Ю. В. 2010.** Некоторые общие тенденции экономического развития Мир-Системы. *Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики* / Ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий. М.: ЛКИ/URSS. С. 161–171.
- Korotayev A., Goldstone J., Zinkina J. 2015.** Phases of global demographic transition correlate with phases of the Great Divergence and Great Convergence. *Technological Forecasting and Social Change* 95: 163–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.01.017>
- Korotayev A., Khaltourina D. 2006.** *Introduction to Social Macrodynamics: Secular Cycles and Millennial Trends in Africa*. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A., Malkov A. 2016.** A compact mathematical model of the World System economic and demographic growth, 1 CE – 1973 CE. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 10: 200–209.
- Korotayev A., Malkov A., Khaltourina D. 2006a.** *Introduction to Social Macrodynamics: Compact Macromodels of the World System Growth*. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A., Malkov A., Khaltourina D. 2006b.** *Introduction to Social Macrodynamics: Secular Cycles and Millennial Trends*. Moscow: KomKniga/URSS.
- Korotayev A., Malkov S. 2012.** Mathematical Models of the World-System Development. *Routledge Handbook of World-Systems Analysis*. Edited by Salvatore Babones and Christopher Chase-Dunn. London: Routledge. P. 158–161.
- Korotayev A. V., Markov A. V. 2014.** Mathematical Modeling of Biological and Social Phases of Big History. *Teaching & Researching Big History: Exploring a New Scholarly Field* / Ed. by L. E. Grinin, D. Baker, E. Quaedackers, A. V. Korotayev. Volgograd: Uchitel. P. 188–219.
- Korotayev A. V., Markov A. V. 2015.** Mathematical modeling of biological and social phases of big history. *Globalistics and Globalization Studies* 4: 319–343.

- Korotayev A., Zinkina J. 2017.** Systemic boundary issues in the light of mathematical modeling of world-system evolution. *Journal of Globalization Studies* 8(1): 78–96.
- Korotayev et al. 2010** – Коротаев А. В., Халтурина Д. А., Малков А. С., Божевольнов Ю. В., Кобзева С. В., Зинькина Ю. В. 2010. *Законы истории. Математическое моделирование и прогнозирование мирового и регионального развития*. 3-е изд., испр. и доп. М.: ЛКИ/URSS.
- Kremer M. 1993.** Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108: 681–716. DOI: <https://doi.org/10.2307/2118405>
- Kring, Durda 2004** – Кринг Д., Дурда Д. Д. 2004. День, когда мир был сожжен. *В мире науки* (3): 56–63.
- Krylov 1999** – Крылов О. В. 1999. Будет ли конец науки. *Российский химический журнал* 43(6): 96–106.
- Krylov 2002** – Крылов О. В. 2002. Динамика развития химической науки. *Российский химический журнал* 46(3): 96–99.
- Krylov 2007** – Крылов О. В. 2007. Современная наука: близкий конец или завершение очередного этапа? *Российский химический журнал* 51(3): 71–78.
- Kurzweil R. 2001.** The Law of Accelerating Returns. *KurzweilAI.net* 3-7-2001. URL: <http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html?printable=1>
- Kurzweil R. 2005.** *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Viking Penguin.
- LePoire D. J. 2005.** Application of logistic analysis to the history of physics. *Technological Forecasting and Social Change* 72(4): 471–479. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00044-1](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00044-1)
- LePoire, D. J. 2009.** Exploration of Connections between Energy Use and Leadership Transitions. *Systemic Transitions*. New York: Palgrave Macmillan. P. 205–220. DOI: https://doi.org/10.1057/9780230618381_10
- LePoire D. 2013.** Potential Economic and Energy Indicators of Inflection in Complexity. *Evolution* 3: 108–118.
- LePoire D. 2015.** Interpreting” big history” as complex adaptive system dynamics with nested logistic transitions in energy flow and organization. *Emergence: Complexity and Organization* 17(1): 1E. DOI: [10.emerg/10.17357.dbe7c8d6fae7f082c4f33c5b35df8287](https://doi.org/10.1002/emerg.17101)
- LePoire D. J. 2016.** Exploring Temporal Patterns in Big History Dynamics. *KronoScope* 16(2): 229–249. DOI: [10.1163/15685241-12341358](https://doi.org/10.1163/15685241-12341358)
- Livi-Bacci M. 2012.** *A concise history of world population*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Lopatin 1983** – Лопатин Н. В. 1983. Древние биосферы и генезис горючих ископаемых. Палеонтология и эволюция биосферы. *Труды XXV сессии всесоюзного палеонтологического общества*. Л.: АН СССР.
- Maddison A. 2007.** *Contours of the World Economy, 1–2030*. Oxford: Oxford University Press.
- Markov A. V., Anisimov V. A., Korotayev A. V. 2010.** Relationship between genome size and organismal complexity in the lineage leading from prokaryotes to mammals. *Paleontological Journal* 44(4): 363–373.
- Markov A. V., Korotayev A. V. 2007.** Phanerozoic marine biodiversity follows a hyperbolic trend. *Palaeoworld* 16(4): 311–318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2007.01.002>
- Markov A. V., Korotayev A. V. 2008.** Hyperbolic growth of marine and continental biodiversity through the Phanerozoic and community evolution. *Zhurnal obshchei biologii* 69(3): 175–194.
- Markov, Korotayev 2009** – Марков А. В., Коротаев А. В. 2009. *Гиперболический рост в живой природе и обществе*. М.: Либроком/URSS.
- McEvedy C., Jones R. 1978.** *Atlas of World Population History*. New York: Facts on File.
- Modis T. 2002.** Forecasting the growth of complexity and change. *Technological Forecasting and Social Change* 69(4): 377–404. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(01\)00172-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(01)00172-X)
- Modis T. 2003.** The Limits of Complexity and Change.

- The Futurist* 37(3): 26–32.
- Modis T. 2005.** Discussion of Huebner article comments by Theodore Modis. *Technological Forecasting and Social Change* 72: 987–988. DOI: 10.1016/j.techfore.2005.05.003
- Modis T. 2012.** Why the Singularity Cannot Happen. In Eden A. H., J. H. Moor, J. H. Søraker, and E. Steinhart. (Eds.). *Singularity Hypothesis: A Scientific and Philosophical Assessment*. Berlin: Springer. P. 311–346. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-32560-1_16
- Muratov, Vahrameev 1974** – Муратов М. В., Вахрамеев В. А. 1974. Мезозойская группа (эра). Большая советская энциклопедия. Т. 16. М.: Советская энциклопедия. С. 6–8.
- Nazaretyan A.P. 2003.** Power and wisdom: toward a history of social behavior. *Journal of the Theory of Social Behaviour* 33(4): 405–425. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1468-5914.2003.00224.x>
- Nazaretyan 2004** – Назаретян А. П. 2004. *Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории*. Изд. 2-е., переработанное и дополненное. М.: Пер се.
- Nazaretyan A. P. 2005a.** Big (Universal) History Paradigm: Versions and Approaches. *Social Evolution & History* 4(1): 61–86.
- Nazaretyan 2005b** – Назаретян А. П. 2005. Знает ли история сослагательное наклонение? (Мегаисторический взгляд на альтернативные модели). *Философские науки* (2): 7–18.
- Nazaretyan 2009** – Назаретян А. П. 2009. Смыслообразование как глобальная проблема современности: синергетический взгляд. *Вопросы философии* (5): 3–19.
- Nazaretyan 2013** – Назаретян А. П. 2013. Середина XXI века: загадка сингулярности. *Философские науки* (9): 15–24.
- Nazaretyan 2014** – Назаретян А. П. 2014. «Национальная идея»: Россия в глобальных сценариях XXI века. *Историческая психология и социология истории* 7(1): 75–91.
- Nazaretyan A. P. 2015a.** Megahistory and its mysterious singularity. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 85(4): 352–361. DOI: 10.1134/S1019331615040061
- Nazaretyan 2015b** – Назаретян А. П. 2015. *Нелинейное будущее. Мегаистория, синергетика, культурная антропология и психология в глобальном прогнозировании*. М.: Аргатак-Медиа.
- Nazaretyan A. P. 2016.** Non-Linear Futures: The “Mysterious Singularity” in View of Mega-History. *Between Past Orthodoxies and the Future of Globalization. Contemporary Philosophical Problems*. Boston: Brill-Rodopi. P. 171–191.
- Nazaretyan A. P. 2017.** Mega-History and the Twenty-First Century Singularity Puzzle. *Social Evolution & History* 16(1): 31–52.
- Nazaretyan A. 2018.** The Polyfuration Century: Does the Evolution on Earth Have a Cosmological Relevance? *Journal of Big History* 2(1): 27–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v2i1.2253>
- Orgel L.E. 1998.** The origin of life – How long did it take? *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 28: 91–96.
- Panov 2004** – Панов А.Д. 2004. Автомодельный аттрактор социально-биологической эволюции на Земле и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни. *Бюллетень Научно-культурного центра SETI Академии космонавтики им. К.Э.Циолковского* 7(24): 4–21.
- Panov 2005a** – Панов А. Д. 2005. Сингулярная точка истории. *Общественные науки и современность* (1): 122–137.
- Panov A. D. 2005b.** Scaling law of the biological evolution and the hypothesis of the self-consistent Galaxy origin of life. *Advances in Space Research* 36(2): 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.03.001>
- Panov 2006** – Панов А. Д. 2006. Сингулярность Дьяконова. *История и математика* 1: 31–37.
- Panov 2008** – Панов А.Д. 2008. *Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI)*. М.: ЛКИ/URSS.
- Panov 2009** – Панов А. Д. 2009. Наука как явление

- эволюции. *Эволюция* 1: 99–127.
- Panov A. D. 2011.** Post-singular Evolution and Post-singular Civilizations. *Evolution* 2: 212–231.
- Панов 2009** – Панов А. Д. 2013. Макроэволюция и наука. *Научноисследовательские исследования*. М.: Российская академия наук, Институт информации по общественным наукам. С. 215–256.
- Panov A. D. 2017.** Singularity of Evolution and Post-Singular Development. *From Big Bang to Galactic Civilizations. A Big History Anthology*. Volume III. *The Ways that Big History Works: Cosmos, Life, Society and our Future* / Ed. by B. Rodrigue, L. Grinin, A. Korotayev. Delhi: Primus Books. P. 370–402.
- Piketty T. 2014.** *Capital in the Twenty-First Century*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Podlazov 2000** – Подлазов А. В. 2000. *Теоретическая демография как основа математической истории*. М.: ИПМ РАН.
- Podlazov 2001** – Подлазов А. В. 2001. *Основное уравнение теоретической демографии и модель глобального демографического перехода*. М.: ИПМ РАН.
- Podlazov 2002** – Подлазов А. В. 2002. Теоретическая демография. Модели роста народонаселения и глобального демографического перехода. *Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие* / Ред. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов. М.: Наука. С. 324–345.
- Podlazov A. V. 2017.** A theory of the global demographic process. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 87(3): 256–266. DOI: 10.1134/S1019331617030054
- Popović M. 2018.** Technological Progress, Globalization, and Secular Stagnation. *Journal of Central Banking Theory and Practice* 7(1): 59–100. DOI: <https://doi.org/10.2478/jcbtp-2018-0004>
- Ranj B. 2016.** Google’s chief futurist Ray Kurzweil thinks we could start living forever by 2029. *Business Insider* Apr. 20, 2016. URL: <http://www.techinsider.io/googles-chief-futurist-thinks-we-could-start-living-forever-by-2029-2016-4>.
- Reher D. S. 2011.** Economic and social implications of the demographic transition. *Population and Development Review* 37: 11–33. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2011.00376.x>
- Roazanov 1986** – Розанов А. Ю. 1986. *Что произошло 600 миллионов лет назад*. М.: Наука.
- Roazanov 2003** – Розанов А. Ю. 2003. Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы. *Палеонтологический журнал* (6): 41–49.
- Roazanov, Zavarzin 1997** – Розанов А. Ю., Заварзин Г. А. 1997. *Бактериальная палеонтология*. *Вестник РАН* 67(3): 241–245.
- Sadovnichy et al. 2014** – Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. 2014. Комплексное моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в контексте мировой динамики. М.: Наука.
- Sagan S. 1989.** *The Dragons of Eden: Speculations on the Evolution of Human Intelligence*. New York: Ballantine Books.
- Schopf J. W. 1991. (Ed.).** *Major Events in the History of Life*. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- Shanahan M. 2015.** *The technological singularity*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Shantser 1973** – Шанцер Е. В. 1973. Кайнозойская группа (эра). *Большая советская энциклопедия*. Т. 11. М.: Советская энциклопедия.
- Shchapova, Grinchenko 2017** – Щапова Ю. Л., Гринченко С. Н. 2017. *Введение в теорию археологической эпохи: числовое моделирование и логарифмические шкалы пространственно-временных координат*. М.: Исторический факультет Моск. Ун-та, Федеральный исслед. Центр «Информатика и управление» РАН.
- Snooks G. D. 1996.** *The Dynamic Society: Exploring the Sources of Global Change*. London: Routledge.
- Snooks G. D. 2005.** Big History or Big Theory? Uncovering the Laws of Life. *Social Evolution & History* 4(1): 160–188.
- Summers L. H. 2016.** The age of secular stagnation: What it is and what to do about it. *Foreign Affairs*

- 95 (2): 2–9.
- T.K. 1975.** Paleozoic era, lower. *The New Encyclopedia Britannica*, 15th ed., vol. 13, Chicago: Encyclopedia Britannica, Inc. P. 916–920.
- Taagepera R. 1976.** Crisis around 2005 AD? A technology-population interaction model. *General Systems* 21: 137–138.
- Taylor G., Tyers R. 2017.** Secular stagnation: Determinants and consequences for Australia. *Economic Record* 93(303): 615–650. DOI: <https://doi.org/10.1111/1475-4932.12357>
- Teulings C., Baldwin R. 2014. (Eds.).** *Secular Stagnation: Facts, Causes, and Cures*. London: CEPR.
- Tsirel S. V. 2004.** On the Possible Reasons for the Hyperexponential Growth of the Earth Population. *Mathematical Modeling of Social and Economic Dynamics* / Ed. by M. G. Dmitriev, A. P. Petrov. Moscow: Russian State Social University. P. 367–369.
- UN Population Division. 2018.** *United Nations population division database*. New York, NY: United Nations. URL: <http://www.un.org/esa/population>.
- Vishnevsky 1976** – Вишневский А. Г. 1976. *Демографическая революция*. М.: Статистика.
- Vishnevsky 2005** – Вишневский А. Г. 2005. *Избранные демографические труды. Т. 1. Демографическая теория и демографическая история*. М.: Наука.
- Weinberg S. 1977.** *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*. New York, NY: Basic Books.
- Weinberg 1981** – Вайнберг С. 1981. *Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной*. М.: Энергоиздат.
- Wong 2003** – Вонг К. 2003. У колыбели Homo sapiens. *В мире науки* (11): 9–10.
- Wood B. 1992.** Origin and evolution of the genus homo. *Nature* 355: 783–790. doi:10.1038/355783a0
- Zavarzin 2003** – Заварзин Г. А. 2003. Становление системы биогеохимических циклов. *Палеонтологический журнал* (6): 16–24.
- Zaytsev 2001** – Зайцев А. И. 2001. *Из наследия А. И. Зайцева. Т. 1. Культурный переворот в Греции VIII–V вв. до н.э.* СПб.: Петрополис.
- Zinkina, Korotayev 2017** – Зинькина Ю. В., Коротаев А. В. 2017. *Социально-демографическое развитие стран Тропической Африки: Ключевые факторы риска, модифицируемые управляющие параметры, рекомендации*. М.: Ленанд/URSS.
- Zinkina, Shulgin, Korotayev 2016** – Зинькина Ю. В., Шульгин С. Г., Коротаев А. В. 2016. *Эволюция глобальных сетей. Закономерности, тенденции, модели*. М.: Ленанд/URSS.

O que é a Grande História?

David Christian

*Distinguished Professor e diretor do Big History Institute
Macquarie University*

Tradução de Daniel Barreiros

Correspondence | David Christian, david.christian@mq.edu.au

Citation | Christian, D. (2018) O que é a Grande História? *Journal of Big History*, II(3); 121 - 138.

DOI | <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v2i3.2330>

RESUMO

A grande história é um novo campo disciplinar acadêmico que estuda o passado em todas as suas possíveis escalas. Sua abordagem é histórica, mas reúne disciplinas da cosmologia à geologia, da biologia evolucionária à história humana. A partir de “O que é história?” de E.H. Carr, este ensaio descreve a evolução da grande história, e em particular, sua relação com a História como disciplina. Descreve em que consiste a nova disciplina e aquilo em que pode se tornar. Argumenta que a grande história pode ajudar a ultrapassar a fragmentação característica da educação e pesquisa modernas em todas as disciplinas. Fazendo-o, pode propor algo como uma narrativa de origens moderna e global, baseada na melhor produção científica moderna possível.

Como erram aqueles que estudam mapas de regiões antes mesmo de terem aprendido precisamente a relação entre o Universo como um todo e suas partes, e a relação dessas partes entre si e delas com o conjunto, não estão menos enganados aqueles que pensam que podem entender histórias particulares antes que tenham ponderado sobre a ordem e a sequência da história universal e de todos os tempos, como se estivessem postas sobre uma mesa.¹

A Grande história representa uma tentativa naquilo que E. O. Wilson chamou de “consiliência”, um retorno ao objetivo de se alcançar uma compreensão unificada da realidade, em lugar das visões fragmentadas que dominam a moderna educação e pesquisa acadêmica.² Ainda que possa parecer algo novo, a consiliência como objetivo é algo antigo. E mesmo em seus formatos modernos, a grande história tem estado ao nosso redor por pelo menos um quarto de século. Assim, a publicação desse primeiro número do *Journal of Big History* oferece a oportunidade ideal para inventariarmos aquilo de que já dispomos sobre o assunto.

Esse artigo consiste de um relato pessoal sobre esse campo de estudo. Concebe a grande história como a forma moderna de um projeto antigo. Sou historiador de formação, de modo que meu relato põe foco na relação

entre a grande história e a História como disciplina. Reflete a perspectiva de um historiador formado no mundo de língua inglesa, e destaca a relação entre a grande história e a pesquisa histórica anglófona. Mas não somente com essa pesquisa histórica anglófona, porque os debates que levanto tiveram suas contrapartes e ecos em muitas outras tradições de investigação histórica. Nem me disponho a focar somente a pesquisa histórica como é normalmente entendida no ambiente acadêmico, porque a grande história enxerga a história humana como parte de um passado muito mais amplo que inclui aquele passado estudado pelos biólogos, paleontólogos, geólogos e cosmólogos. Unindo diferentes perspectivas, escalas e diferentes disciplinas acadêmicas, todas tentando compreender as raízes mais profundas do mundo de hoje, a grande história pode transformar nosso entendimento do que é “história”.

Entretanto, para captar a riqueza e o alcance desse vibrante novo campo de investigação, formação e ensino, nós precisaremos, em última instância, das perspectivas de macro-historiadores treinados em muitas outras disciplinas. Espero que esse ensaio possa encorajar esses estudiosos a oferecer suas perspectivas a respeito da história e da natureza da grande história.

A evolução dos estudos históricos no século XX

Historiadores não de reconhecer que o título desse artigo remete a um ensaio clássico, estudado pela maioria dos estudantes de história anglófonos. Foi escrito em 1961 por E. H. Carr, um historiador soviétólogo de origem inglesa. O livro de Carr surgiu a partir de uma série de palestras ministradas em Cambridge no ano de 1961, em honra de George Macaulay Trevelyan, um historiador que, diferentemente de Carr, via a história como disciplina literária e bastante distinta das ciências. Como historiador dedicado ao estudo da Rússia e da União Soviética, Carr levou a sério a insistência marxista de que a história deveria ser considerada um ramo da ciência, e essa ideia influenciou o meu próprio pensamento sobre a história uma vez que eu, também, me engajei no campo da história russa como estudante de pós-graduação no início da década de 1970.

Em *O que é História?*, Carr acompanha a evolução da disciplina histórica na Inglaterra no início do século XX. De certa forma, sua narrativa aponta para uma tendência sustentada de afastamento em relação a um realismo confiante, ao positivismo e mesmo ao universalismo de muitos pensadores históricos do século XIX, em direção a crescentes fragmentação e ceticismo. Começa citando a visão confiante de Lord Acton acerca da investigação histórica ao final dos anos 1890, quando Acton esteve à frente da primeira edição da *Cambridge Modern History*. Acton via a *Cambridge Modern History* como uma “...oportunidade única de registrar...a plenitude do conhecimento que o século XIX está prestes a legar...”. E ainda dizia: “Não teremos uma história definitiva nessa geração [mas]... toda informação está agora ao alcance, e todo problema encontra-se passível de solução.”³ A visão de Acton a respeito da história é confiante, positivista e otimista, e assume que a história é parte de um projeto maior de expansão do conhecimento humano em geral. Sua visão de história é também ampla. Ele assume que historiadores deveriam almejar algum tipo de “história

universal”, muito embora ele pareça ter desejado se referir com essa frase não a uma espécie precoce de grande história, mas a algo mais próximo de uma “história mundial” ou “história global” moderna. Acton definiu a história universal como “aquela que difere da história combinada de todos os países.”⁴

No início do século XX, os estudos históricos na Inglaterra passaram por uma mudança profunda, e, na ocasião em que Carr escrevia, a disciplina estava mais fraturada e menos segura de si mesma. Essas mudanças eram parte de um movimento mais geral que afetava muitas disciplinas acadêmicas, das humanidades às ciências naturais, na medida em que a especialização e a profissionalização fragmentavam os estudos em compartimentos cada vez menores, cada um deles oferecendo sua própria e circunscrita visão de mundo. A especialização mostrou-se uma estratégia de pesquisa profunda, mas que só foi alcançada por meio da ruptura de laços ancestrais entre os campos do conhecimento, deixando-os progressivamente isolados uns dos outros. A noção de um mundo unitário de conhecimento, fosse amalgamado pelas cosmologias religiosas como a da cristandade, fosse pela prática científica – a visão por trás da tentativa de Alexander von Humboldt de escrever uma história científica universal em seu “Kosmos” – foi abandonada⁵. Nas disciplinas de humanidades, como a História, que careciam de algum tipo de paradigma unificador tal como o das ciências naturais na era de Darwin, de Maxwell e de Einstein, a especialização também solapou o confiante realismo epistemológico de Acton.⁶

Carr identifica algumas dessas mudanças ao citar a introdução da segunda edição da *Cambridge Modern History*, escrita por George Clark em 1957, mais de meio século após os pronunciamentos confiantes de Acton. Após citar as esperanças de Acton por uma “história definitiva”, Clark escreve:

Historiadores de uma geração posterior não anseiam por tal prospecto. Eles esperam que seu trabalho seja sempre suplantado...

A tarefa de exploração parece não ter fim, e alguns estudiosos impacientes se refugiam no ceticismo, ou, considerando que toda avaliação histórica envolve pessoas e pontos de vista, na doutrina que diz que tudo é tão bom quanto qualquer outra coisa, e que não há verdade histórica “objetiva.”⁷

A perda de confiança em uma epistemologia realista ou naturalista em disciplinas como a História, aprofundou o hiato entre as “duas culturas”, das ciências e das humanidades, algo que tanto aborrecia C. P. Snow em uma famosa palestra ministrada em 1959⁸. O hiato era particularmente amplo no mundo anglófono, porque o inglês, diferentemente de muitas outras línguas acadêmicas, limita o termo “ciência” às ciências naturais. Em inglês, a mera ideia de uma “ciência histórica” começou a parecer absurda. No tempo de Carr, os estudos históricos perderam confiança tanto em sua natureza “científica” quanto na epistemologia realista que ainda sustentava a pesquisa nas ciências naturais.

O ceticismo e a fragmentação intelectual minaram a antiga esperança de que a História fosse capaz de empoderar-nos, ajudando-nos a ter um melhor entendimento do presente, e abalaram a confiança no valor da pesquisa histórica. Enquanto se tornavam progressivamente mais isolados de outras disciplinas e mesmo uns dos outros, os historiadores esposaram visões cada vez mais fragmentadas acerca do passado, da natureza e dos objetivos da História. Esse sentido crescente de fragmentação foi a contraparte acadêmica do que Durkheim designou por anomia, a perda do senso de coerência e de significado, uma ideia que Carr descreve em uma nota de rodapé como “a condição de um indivíduo isolado da... sociedade”⁹. A anomia acadêmica surge do crescente isolamento dos estudiosos uns dos outros, e deles em relação a um mundo unificado de conhecimento. A única força que parcialmente mitigou o crescente senso de isolamento acadêmico foi o nacionalismo. Ainda que tribais pela sua própria natureza, as histórias nacionais, que florescem desde o século XIX, fornecem algum senso

de coesão para historiadores trabalhando no âmbito de tradições historiográficas nacionais.

A posição pessoal de Carr situa-se entre o realismo científico robusto de Acton e o relativismo hesitante de Clark. Ele explora brilhantemente a complexa dialética entre a história como verdade, e a história como narrativas que contamos sobre o passado. Ele leva a verdade e a ciência a sério, porque acredita que a História, como a ciência, e como a verdade em geral, tem um propósito: o de nos empoderar. Ela nos empodera através da expansão de nosso entendimento do presente, e o faz através de plotar o presente *no* passado. “A função do historiador não é nem o amor ao passado nem sua emancipação pessoal em relação ao passado, mas dominá-lo e entendê-lo como chave para a compreensão do presente.”¹⁰ Por consequência, os mapas do passado criados pelos historiadores tinham de ser bons mapas. Como boa ciência, eles precisavam nos dar uma melhor noção do mundo real. Carr então, como Marx, era um realista filosófico, ao não enxergar qualquer distância fundamental entre as humanidades e as ciências naturais. “Cientistas, cientistas sociais, e historiadores estão engajados em diferentes ramos de um mesmo estudo: o estudo do homem e de seu ambiente, dos efeitos do homem sobre seu ambiente e de seu ambiente sobre o homem. O objetivo de estudo é o mesmo: aumentar o entendimento humano sobre o ambiente, e por sua vez, o seu domínio sobre ele.”¹¹

Por outro lado, Carr entendeu mais claramente que Acton que o passado não está lá simplesmente esperando para ser descoberto, “como um peixe na bandeja do peixeiro”¹². A História consiste de narrativas construídas pelos historiadores sobre o passado, e o modo pelo qual construímos essas narrativas muda na medida em que nosso mundo e nossos propósitos se modificam. Precisamos de rigor empírico para nos aproximar da verdade acerca do passado, mas nesse processo de narrar sobre o passado, precisamos da habilidade dos contadores de histórias, incluindo o que Carr chamou de “entendimento imaginativo”, a habilidade de compreender e ter empatia com aqueles que viveram no passado.¹³ Nesse sentido, Carr foi

influenciado por um dos grandes filósofos ingleses da História, R. G. Collingwood, ainda que tenha alertado a respeito de sua ênfase no papel empático do historiador que, se levado muito longe, poderia resultar em extremo ceticismo¹⁴.

Particularmente influente no pensamento de Carr foi o equilíbrio dialético marxista entre ciência e ativismo. Marx insistiu na existência de um passado objetivo. Mas fazer algo a partir desse passado consiste em tarefa criativa, e a maneira pela qual nos aproximamos desse passado depende de quem somos, e do momento presente em particular, no qual escrevemos e estudamos. É essa a dialética que Marx descreve em uma famosa passagem de *O dezoito de Brumário de Luís Bonaparte*:

Os homens fazem sua própria história, mas não a fazem da maneira que desejam; eles não a fazem em circunstâncias de sua própria escolha, mas em circunstâncias diretamente encontradas, dadas e transmitidas do passado. A tradição de todas as gerações mortas pesa como um pesadelo sobre as mentes dos vivos.¹⁵

Historiadores também “fazem sua própria história”, mas o fazem “sob circunstâncias diretamente encontradas, dadas e transmitidas desde o passado”. O que fazem a respeito do passado depende do tempo e do lugar em que escrevem. Mas as narrativas que constroem sobre o passado podem, por sua vez, influenciar aqueles passados que serão investigados por futuros historiadores. Na condição de ativista, Marx entendeu bem que o modo pelo qual descrevemos o passado pode moldar o futuro. Em verdade, ele desejou que seu próprio relato sobre a evolução do capitalismo tivesse um profundo impacto no futuro, tal como de fato veio a ocorrer.

Então, como Marx, Carr entendeu o complexo e delicado equilíbrio entre a história como verdade e a história como narrativa. A história é, segundo Carr, em uma passagem familiar a muitos estudantes de

história, “um processo contínuo de interação entre o historiador e [os] fatos, um incessante diálogo entre o passado e o presente”¹⁶. Como a memória, a história, não invoca o passado, e sim, o recria.

Mas, que passado? Carr comprometeu-se ainda mais que Acton em ampliar o escopo da pesquisa histórica. Ele era, acima de tudo, um historiador russólogo, disposto a demonstrar a significância de histórias que foram negligenciadas por historiadores anglófonos. Admirador de Joseph Needham, insistiu também na importância da história chinesa, e das histórias de muitas partes do mundo para além da Europa.

Mas, ainda que o passado para Carr seja amplo, ele não é profundo. Demonstra pouco interesse na pré-história humana ou nas histórias da biosfera e do Universo. E isso talvez seja surpreendente, dado seu interesse em Marx, que via a história como parte de um contínuo de conhecimentos que incluía todas as ciências. Em verdade, Marx, como von Humboldt, foi um macro-historiador à frente de seu tempo. Mas Carr escreveu numa era de fragmentação acadêmica, e uma ideia de história universal não estava no seu radar, ou no radar de qualquer historiador anglófono de sua geração. Curiosamente, contudo, estava no radar de historiadores da União Soviética, país sobre cuja história Carr mais escreveu, porque a herança marxista da URSS assegurou que a ideia de história “universal” e “geral” nunca perdesse integralmente seu senso inclusivo. Essa é a razão pela qual, hoje, há uma florescente escola russa de pesquisa macro-histórica, liderada por acadêmicos como Andrey Korotayev e Leonid Grinin.

Em 2001, David Cannadine organizou uma coletânea de ensaios chamada *O que é História hoje?* baseada em uma conferência em homenagem aos quarenta anos da obra de Carr¹⁷. Muito mudou desde que Carr escreveu. A disciplina histórica se tornou ainda mais fragmentada, tanto em conteúdo quanto em epistemologia, e muito menos segura de si. A visão universalista de Marx, de von Humboldt ou de H. G. Wells, parecia ter desaparecido por completo,

sobrevivendo tão somente nas modalidades limitadas das histórias nacionais. Muita da mudança evidente na coletânea organizada por Cannadine reflete a proliferação de universidades, estudantes, historiadores e sub-disciplinas históricas do Pós-Guerra. Tratou-se de um fenômeno mundial, de modo que tendências similares podem ser encontradas, com variações, em muitas diferentes tradições historiográficas.

A coletânea de Cannadine não se referia mais a uma disciplina unificada, de modo que era apropriado que contasse com múltiplos autores. Mais historiadores e mais estudantes pareceram significar uma crescente diversidade de ideias a respeito de conteúdo, significado e propósito da pesquisa histórica. Cada capítulo se referia a um diferente tipo de história, de modo que nos aparecem com títulos como “O que é a História Social hoje?”, “O que é a História Intelectual hoje?”, “O que é a História Cultural hoje?”. A ausência de “O que é a História das mulheres hoje?” e “O que é a História ambiental hoje?” é marcante, ainda que Cannadine insista que seu livro reflete tão somente uma pequena fração das subdisciplinas nas quais a História hoje está dividida.

A fragmentação foi acompanhada por crescente ceticismo acerca da objetividade e da natureza científica da disciplina. De fato, a maioria dos historiadores continuou a abordar os detalhes de suas pesquisas com um empirismo robusto e realista, a ponto de muitos terem caricaturizado a disciplina como nada mais que um catálogo de fatos. Mas, ao passo que o círculo de perguntas se ampliou, a confiança dos historiadores pareceu murchar, e poucos seguiram confortáveis com a ideia de estudos históricos como parte de um sistema maior de conhecimento e significado. Historiadores se tornaram cada vez mais isolados de outras disciplinas (o declínio da história econômica é um exemplo impactante desse processo), e mesmo uns dos outros, e qualquer consenso acerca da natureza e objetivos da História parecia ter evaporado. Em um ensaio introdutório, Richard Evans destacou o crescente foco na era pós-moderna no papel subjetivo e criativo do historiador, e em seu lugar como contador de histórias.

Essa abordagem foi sintetizada pela obra clássica de Hayden White, de 1973, *Meta-história: a imaginação histórica na Europa do Século XIX*, focada quase que integralmente nos aspectos literários da produção historiográfica, em vez de na verdade reclamada por essa produção. A produção historiográfica parecia ter se fragmentado em múltiplas e incomensuráveis narrativas sobre o passado, cada qual representando uma perspectiva particular, e nenhuma delas confiante em suas alegações de portadoras de verdade histórica. Historiadores pareceram tomados de um profundo ceticismo em relação às grandes narrativas ou metanarrativas, postura que Jean-François Lyotard viu como elemento definidor do pensamento pós-moderno.¹⁸

Ainda, não obstante os tremores parcamente registrados no sismógrafo da coletânea de Cannadine, por volta do ano 2000, a ideia a respeito de uma nova forma de história universal já ecoava nas margens da pesquisa historiográfica. A História Mundial florescia nos Estados Unidos, contava com uma bem fundada organização acadêmica e um periódico bem sucedido (*The Journal of World History*), e era ensinada em um crescente número de universidades e escolas. Mas vários acadêmicos àquela altura já se aventuravam em ir além da História Mundial. Começavam a explorar a possibilidade de uma genuína história universal que incorporasse todo o passado, incluindo os passados da biosfera e de todo o Universo. Por volta do ano de 2001, eu já ensinava grande história havia doze anos, mas eu era apenas um componente de uma pequena, porém vigorosa, comunidade de acadêmicos movendo-se na mesma direção. Eric Chaisson já ensinava versões da grande história para astrônomos por mais de vinte anos, e grande história era ensinada em Amsterdã por Fred Spier e Joop Gouldsblom, em Dallas por John Mears, em San Rafael por Cynthia Stokes Brown, em Melbourne por Tom Griffiths e Graeme Davidson, entre outras partes do mundo. A grande história infiltrou-se numa disciplina que olhava numa direção oposta.

Hoje, quinze anos após a coletânea organizada por Cannadine, a grande história segue sendo marginal, mas começa a chacoalhar a disciplina historiográfica.¹⁹ Emerge uma literatura que prova que a grande história pode ser escrita com rigor e precisão, e pode trazer insights novos e transformadores sobre o passado.²⁰ Grande história vem sendo ensinada com sucesso em várias universidades, na maior parte em países anglófonos, e mesmo aqueles departamentos de História que não oferecem cursos nessa abordagem, frequentemente incluem discussões macro-históricas em seus seminários. Existem vários MOOCs (Massive Open Online Courses) sobre a grande história. Conta com uma associação acadêmica (a IBHA), que já realizou três grandes conferências, e agora, com uma revista. A Macquarie University fundou o Big History Institute, que organizou duas conferências de pesquisa. Grande história tem sido ainda ensinada em centenas de escolas secundárias, principalmente nos Estados Unidos e na Austrália, por meio do “Big History Project”, um curso gratuito e online, lançado em 2011 e financiado por Bill Gates.

O que parecia há apenas algumas décadas uma abordagem historiográfica arcaica, irrealista e perversa começa a parecer uma forma poderosa, rigorosa e mesmo transformadora de pesquisa moderna, que pode reconectar o ensino e a pesquisa historiográfica mais uma vez com outras disciplinas tanto no campo das humanidades quanto das ciências.

Por que o retorno a uma História Universal? O que aconteceu?

Algumas das mudanças cruciais aconteceram no âmbito da própria disciplina histórica. Sempre houve uns poucos estudiosos, como H. G. Wells ou Arnold Toynbee, que mantiveram viva a visão de um entendimento mais amplo do passado. Mas a pesquisa especializada também lançou base para uma compreensão mais extensa do passado, por meio da geração de um volume colossal de produção nova, abordando assuntos, regiões e épocas ignorados por uma geração anterior de historiadores. Felipe

Fernandez-Armesto, um historiador mundial com interesses extraordinariamente amplos, referiu-se a isso em um capítulo na citada coletânea de Cannadine:

“historiadores escavam cada vez mais profundamente, em sulcos cada vez mais estreitos, e em solo cada vez mais ressecado, até que os sulcos colapsam e eles são enterrados sob sua própria aridez. Entretanto, por outro lado, sempre que alguém consegue achar seu caminho para a superfície, há tanto mais daquele campo para investigar, tanto trabalho novo e enriquecedor, que pode mudar perspectivas ou ampliar estruturas de comparação.”²¹

Mas muitas das mudanças que permitiram um retorno da História Universal ocorreram para além da disciplina histórica, e particularmente, no campo das ciências naturais, que sempre foram mais amistosas em relação à ideia de consiliência do que foram as humanidades²². O físico quântico Erwin Schrodinger já havia antecipado novas formas de unificação acadêmica em um livro escrito ao fim da Segunda Grande Guerra, sobre a natureza da vida:

Herdamos de nossos antepassados o anseio vívido por um conhecimento unificado e abarcante. O próprio nome dado às instituições dedicadas ao mais alto aprendizado nos lembra de que, desde a Antiguidade a ao longo de muitos séculos, a dimensão universal foi a única a receber crédito integral...Sentimos claramente que só agora começamos a reunir material confiável para amalgamar a soma total do que é conhecido.”²³

Nas ciências naturais, como nas humanidades, estudos especializados produziram, por muitas décadas, uma vasta safra de novas informações e ideias. Igualmente importante foi a emergência de ideias acerca de um paradigma novo e unificador. As mais importantes entre elas são a cosmologia do Big Bang, a tectônica de placas e a síntese moderna darwiniana.

Os novos paradigmas estavam parcamente visíveis enquanto Carr escreveu. O ADN foi descoberto na própria instituição que abrigava Carr, a Universidade de Cambridge, em 1953, mas o significado completo da descoberta só se tornaria evidente uma ou duas décadas depois. As descobertas que consolidariam o tectonismo de placas e a cosmologia do Big Bang ainda estariam alguns anos à frente. Por volta de 1970, contudo, os novos paradigmas já eram capazes de encorajar esperanças de uma unificação do conhecimento, pelo menos nas ciências naturais. Alguns cientistas começavam a falar de “Grandes Teorias Unificadas”.

Particularmente impactante é o fato de que os novos paradigmas científicos eram históricos em sua natureza. Foi-se o universo estático de Newton, substituído por um universo que operava de acordo com leis históricas e evolucionárias. E. H. Carr estava consciente acerca de uma “virada histórica” nas ciências naturais e de sua significância para a História, ainda que seus insights viessem a ser ignorados pela maior parte dos historiadores pelos cinquenta anos seguintes, ou quase. A ciência, escreveu Carr:

passou por uma profunda revolução...O que Lyell fez pela geologia e Darwin pela biologia foi agora feito pela astronomia, que se torna uma ciência a respeito de como o Universo se tornou o que ele é...O historiador tem alguma desculpa em sentir-se mais em casa no mundo da ciência de hoje do que poderia sentir-se há cem anos.²⁴

No mundo anglo-saxão, a cosmologia do Big Bang encorajou astrônomos com Carl Sagan a recontar a história do Universo, enquanto o tectonismo de placas encorajou geólogos como Preston Cloud a escrever novas histórias sobre o planeta Terra.²⁵ O fato era que muitos cientistas naturais estavam diante do mesmo trabalho confuso que os historiadores – tentando reconstruir um passado desaparecido a partir de pistas aleatórias que esse passado legou ao presente. A virada histórica nas ciências naturais trouxe os

métodos dos cientistas para mais próximo do método dos historiadores. Experimentos controlados sobre a origem da vida na Terra ou sobre a Revolução Russa estavam fora de questão. Em vez disso, descobriu-se que muitas disciplinas científicas deparavam-se com o mesmo desafio metodológico que os historiadores: o de coletar o maior número de pistas do passado que pudessem – desde luzes estelares antiquíssimas, a cristais de zircão e trilobitas fósseis – e usá-las para reconstruir um relato plausível e significativo do passado. Esse era um território familiar para os historiadores. Evidências falsificacionistas definitivas, defendidas por Karl Popper, raramente estavam disponíveis, e outras competências mais difusas, tais como o reconhecimento de padrões ou sugestões baseadas numa prolongada familiaridade com determinado campo de estudo, adquirem relevância crescente nas ciências naturais tanto quanto nas humanidades.²⁶

Particularmente importante para a emergência das formas modernas de história universal foi o desenvolvimento das técnicas de datação radiométrica capazes de prover um firme arcabouço cronológico para narrativas a respeito de um passado profundo.²⁷ Quando H. G. Wells tentou a elaboração de uma história universal logo após a Primeira Grande Guerra, as partes dessa narrativa que se referiam a um passado mais remoto ficaram frouxas porque, como Wells admitiu, toda a sua datação absoluta requeria registros escritos, e ele não podia oferecer qualquer desses para qualquer tempo anterior à Primeira Olimpíada (776 a.C).²⁸ Geólogos do século XIX aprenderam como reconstruir cronologias relativas através do estudo da deposição de rochas antigas, mas nenhum deles era capaz de dizer quando a explosão cambriana ocorreu nem quando a Terra se formou.

Tudo isso mudou com a emergência das técnicas de datação radiométrica nos anos 1950. Em 1953, Claire Paterson utilizou a meia-vida do urânio em meteoritos para determinar que a Terra tinha 4,56 bilhões de

anos. Essa datação mantém-se até hoje. Quando Carr escreveu em 1961, a datação radiométrica estava apenas começando a transformar o pensamento de arqueólogos e pré-historiadores. Em 1962, na gruta de Kenniff em South Queensland, John Mulvaney usou técnicas radiométricas para demonstrar que humanos viveram na Austrália desde antes do fim da última era glacial, e em algumas décadas seguintes, as datas mais antigas para a colonização humana na Austrália seriam recuadas ainda mais, para entre cinquenta mil ou talvez sessenta mil anos atrás.²⁹ Como Colin Renfrew escreveu:

..o desenvolvimento de métodos de datação radiométrica...permitiu a construção de uma cronologia para a pré-história em todas as partes do mundo. Ela foi, aliás, uma cronologia livre de quaisquer suposições a respeito de relações ou de desenvolvimentos culturais, e que poderia ser aplicada tanto a sociedades ágrafas como àquelas que dispunham de registros escritos. Ser pré-histórico não significava mais ser ahistórico em um sentido cronológico.³⁰

A seu tempo, técnicas radiométricas e outras formas de datação tornaram possível construir cronologias rigorosas remontando às origens do Universo. Pela primeira vez, era possível contar a história universal baseada em uma cronologia robusta.

Algumas dessas mudanças acabaram por ser registradas na coletânea de ensaios organizada por David Cannadine. Em seu último capítulo, Felipe Fernandez-Armesto argumenta que a História ampliou seu escopo, especialização após especialização, e agora precisa abraçar as ciências naturais: “a História não pode mais permanecer encampada em uma das ‘duas culturas’. Seres humanos são obviamente parte do continuum animal”³¹. Em 1998, o grande historiador mundial William H. McNeill argumentou que os historiadores precisam engastar a história da humanidade em uma história da biosfera e mesmo do Universo como um todo:

Seres humanos, ao que parece, pertencem ao Universo e compartilham de seu caráter instável e evolutivo... O que ocorre entre seres humanos e o que acontece entre as estrelas parece ser parte de uma narrativa grande e evolutiva, que caracteriza a espontânea emergência da complexidade que gera novas formas de comportamento a cada nível de organização, dos quarks e leptons mais minúsculos às galáxias, das longas cadeias de carbono aos organismos vivos e à biosfera, e da biosfera aos universos simbólicos do significado sob os quais os seres humanos vivem e labutam.³²

Em seus últimos anos, McNeill tornou-se crescentemente interessado na ideia de uma grande história, vendo-a como uma extensão natural de sua própria visão ampliada da História. É como seu filho, John, escreveu: “era a coisa que mais lhe entusiasmava (além dos netos).”³³

O que é a Grande História?

Então, o que é a grande história?

Na parte final desse ensaio, eu gostaria de explorar várias descrições sobrepostas do que a é grande história e do que ela poderia ser. Essas são reflexões pessoais, e algumas delas são especulativas. Mas eu espero que possam interessar mesmo aqueles que são menos persuadidos por elas do que eu propriamente sou. E torço ainda para que possa encorajar uma discussão mais ampliada sobre a grande história e sobre seu futuro. Meus pensamentos estão organizados, de forma lassa, em um espectro que vai do polo “verdade” na dialética da história de Carr ao polo “contação de histórias”.

O objetivo da grande história, tal como o de todo bom conhecimento, é nos empoderar por meio de ajudar no entendimento a respeito do mundo em que vivemos. A grande história nos empodera ajudando em um melhor entendimento do mundo em que vivermos. Como toda forma de História, a grande história empodera-nos primeiramente ao plotar o presente no passado, de modo a nos auxiliar em um

melhor entendimento a respeito de como o mundo de hoje se tornou o que ele é. Essa afirmação a respeito do propósito da história assume um entendimento realista ou naturalista do conhecimento. Como criaturas evoluídas, interagimos com o ambiente com algum grau de sucesso, e esse sucesso pressupõe que nós (como organismos vivos) somos capazes de obter um conhecimento real, ainda que limitado, desse mesmo ambiente. Ainda que conscientes a respeito dos limites desse conhecimento, a grande história, como a ciência em geral, resiste às formas extremas de ceticismo e de relativismo. Constrói-se sobre as mesmas bases realista e naturalista da boa ciência, e tem o seu mesmo objetivo final, que é o empoderamento.

A grande história é universal. Mas, se o entendimento do passado pode nos empoderar, não deveríamos tentar compreender todo o passado? O que distingue a grande história mais decisivamente em relação a outras formas de estudo histórico é sua tentativa de compreender o passado como um todo. Aspira ao entendimento universal da história. A grande história não é hostil ao estudo histórico especializado. Pelo contrário, ela é totalmente dependente do rico manancial da pesquisa especializada. Mas ela tenta reunir as descobertas provenientes da pesquisa especializada em uma ampla visão unificadora, da mesma forma que milhões de mapas locais se conectam para formar um único mapa mundi. Esses objetivos ambiciosos significam que a grande história nada contra a corrente da fragmentação intelectual que estruturou muito da pesquisa no século XX. A grande história objetiva a consiliência, naquilo que Alexander von Humboldt uma vez chamou de “Louco frenesi... de representar num único trabalho todo o mundo material.”³⁴

Muitas consequências interessantes fluem da ambição universalista da grande história. Ela não reconhece barreiras disciplinares ao conhecimento histórico. Presume a existência de uma vasta gama de disciplinas historicamente orientadas, todas elas vinculadas entre si pelo mesmo projeto: o de reconstituir como nosso mundo se tornou o que ele é.

De fato, fico imaginando se não seremos capazes um dia de ver um rearranjo dos *campi* universitários, de modo que, ao invés de estarem localizadas as ciências em um lado, e noutra as humanidades, se possa encontrar uma zona dedicada às “ciências históricas”, na qual estejam astrônomos, geólogos, biólogos evolucionários, neurocientistas e historiadores, todos trabalhando juntos.

Essas aspirações universais da grande história significam que ela irá acolher todas as áreas do conhecimento que tenham produzido relatos sobre o passado que sejam rigorosos e baseados em evidência, e toda disciplina cujos insights possam iluminar o passado. Isso significa que, no momento, faz sentido traçar um limite entre tudo que ocorreu exatamente após o Big Bang – um passado que pode ser reconstruído com evidência aos borbotões – e tudo que precede o Big Bang, território sobre o qual há bastante especulação interessante, mas não, até o momento, uma narrativa firme e fundada em evidência. Isso pode mudar, é claro, e sendo o caso, a própria narrativa macro-histórica irá se expandir para incorporar, talvez, evidência em favor de um multiverso ou da teoria das cordas. Mudanças similares podem ocorrer em outras partes da narrativa macro-histórica, à medida que biólogos prospectam a origem da vida na Terra, ou astrônomos procuram por vida em outros sistemas estelares, ou à medida que neurocientistas e psicólogos começarem a compreender o difícil problema representado pela consciência, ou historiadores obtiverem um melhor entendimento do papel da religião e da ciência na história humana em múltiplas escalas.

Com essas qualificações, a grande história almeja um entendimento compreensivo da história, o que seria o equivalente intelectual de um mapa mundi do passado. Como tal, a grande história pode ajudar-nos a ver não apenas as maiores nações e os oceanos do passado, mas também os vínculos e sinergias que conectam diferentes “continentes acadêmicos”, regiões e ilhas em um único mundo de conhecimento. Sua perspectiva ampla também encoraja-nos ao movimento por entre múltiplas escalas, aquelas do

Universo em si, dos humanos, das células individuais, nas quais milhões de reações precisamente calibradas ocorrem a cada segundo. A grande história encoraja-nos a ligar os pontos no tempo e no espaço, a olhar para as sinergias que vinculam entidades díspares, disciplinas e escalas. Acadêmicos russos como Andrey Korotayev têm sido particularmente ativos na importante tarefa de procurar por padrões matemáticos na evolução da complexidade em múltiplas escalas.

Focando as redes de ideias que vinculam as disciplinas, a grande história pode nos ajudar a superar as formas mais extremas de ceticismo características de grande parte da pesquisa acadêmica do século XX, particularmente nas humanidades. Nas mãos de Durkheim, a ideia de anomia referia-se à falta de um sentido claro de lugar ou de significado, uma condição de desabrigo intelectual na qual o próprio mundo tem pouco sentido e os indivíduos começam a se sentir isolados a ponto de contemplar o suicídio. A extrema fragmentação da pesquisa acadêmica do século XX permitiu um grande progresso intelectual, disciplina a disciplina. Mas o fez ao custo de isolar as disciplinas umas das outras, o que limitou as possibilidades para uma visão ampla e unificada, e para mecanismos de verificação de verdade entre as disciplinas. Particularmente nas humanidades, o isolamento intelectual gerou formas acadêmicas de anomia que minaram a confiança em quaisquer alegações acerca da capacidade de geração de significado ou de uma compreensão mais geral da realidade. O ceticismo pós-moderno compartilhado por tantos estudiosos nas humanidades ao final do século XX foi um corretivo útil para formas superconfiantes de positivismo. Mas, quando levado aos extremos, criou um senso fragmentado de realidade que pode ser profundamente desempoderador, intelectual e eticamente. Alguns o viram como o equivalente acadêmico ao suicídio.

A grande história retorna, com a devida modéstia científica, ao antigo projeto de tentar montar mapas unificados da realidade. Quebrando as partições entre disciplinas, a grande história pode ajudar a re-estabelecer uma relação mais equilibrada

entre os estudos especializados e ideias amplas e paradigmáticas.

A grande história é colaborativa e coletiva. A narrativa macro-histórica é montada como um vasto mosaico, usando peças de muitos diferentes países, épocas e disciplinas acadêmicas. Todo estudo é colaborativo. Mas o extraordinário alcance da grande história coloca a colaboração no coração da nova disciplina. Uma narrativa macro-histórica rica e confiável não será o produto de mentes acadêmicas individuais, mas a criação conjunta de milhões de mentes.

A colaboração acadêmica extrema, necessária para se escrever a grande história, deve encorajar o repensar acerca daquilo que entendemos por expertise. A especialização encorajou a noção de que, se você afunila o horizonte de indagações o suficiente, acadêmicos individuais podem alcançar a maestria em um campo. Eles se tornam *experts*. Essa visão foi sempre ingênua porque os *experts* mais verticalizados em seu estudo se apropriarão de insights e de paradigmas vindos de fora de seu campo de expertise. Mas a extraordinária amplitude da grande história significa que, muito embora ela vá se construir a partir dos insights de *experts*, ela irá também requerer muitas outras habilidades acadêmicas, nem todas valorizadas nesse mundo atual de conhecimento fragmentado. A grande história requer, acima de tudo, uma habilidade em compreender e então conectar a produção de muitos acadêmicos de diferentes disciplinas. Ela demanda amplitude tanto quanto profundidade, bem como um olhar aguçado para sinergias inesperadas entre disciplinas. E requer ainda a habilidade de sintonizar as diferentes frequências intelectuais de múltiplas disciplinas. Macro-historiadores precisarão ser tradutores interdisciplinares, sensíveis às súbitas nuances na forma pela qual diferentes disciplinas se utilizam de conceitos similares, termos e métodos. E ainda farão perguntas interdisciplinares profundas. Existem ideias que funcionam bem transversalmente

a muitas disciplinas, da cosmologia à biologia e à história, ideias como as de “regimes” e de “*Goldilocks conditions*”³⁵ descritas por Fred Spier, ou as taxas de “densidade de energia livre” que estão no centro do trabalho de Eric Chaisson? Pode a ideia de entropia, que representa um poderoso papel da física, iluminar nosso entendimento da história humana? Pode o maquinário molecular em nível atômico explorado hoje em dia por nanobiólogos sugerir novas formas de gerenciar fluxos de energia no mundo atual?³⁶ Existem mecanismos universais (talvez alguma forma de darwinismo universal) que explique o aparecimento de entidades progressivamente complexas a despeito da segunda lei da termodinâmica?

Ao focar não apenas as ilhas individuais e continentes dos estudos modernos, mas também as muitas ligações entre eles, a grande história pode prover um novo tipo de arcabouço para a investigação e o pensamento interdisciplinares. Pesquisadores familiarizados com o mapa mundi do passado próprio da grande história irão naturalmente buscar ideias e métodos úteis para além das disciplinas nas quais são especialistas. Pesquisa transdisciplinar tornar-se-á particularmente importante à medida que mais e mais problemas, da mudança climática ao estudo do câncer ou das crises financeiras, comecem a depender dos achados e insights provenientes de múltiplas disciplinas. Em verdade, o próprio sucesso da pesquisa no âmbito das disciplinas explica porque cada vez mais e mais problemas importantes e interessantes agora repousam no espaço entre as disciplinas. Ao passo que a pesquisa interdisciplinar se torna mais e mais importante, a grande história pode oferecer um novo modelo de expertise acadêmica, que demanda amplitude do conhecimento e atenção para sinergias interdisciplinares inesperadas.

A jovem disciplina da grande história tem também mostrado que a colaboração intelectual é uma característica distinta de nossa espécie, *Homo sapiens*. Ainda que muitos traços evolucionários nos definam como uma espécie, nossa criatividade tecnológica parece ter sido consolidada pela evolução de uma

forma particularmente poderosa de linguagem, que nos permite trocar ideias e insights com tal precisão e volume que começam a se acumular na memória coletiva. Não sabemos de qualquer outra espécie em que o conhecimento aprendido se acumula através de múltiplas gerações de modo que gerações posteriores conheçam não somente coisas diferentes, mas mais coisas que a geração passada. E essa diferença tem se mostrado transformadora. A acumulação de informação aprendida por milhões de indivíduos através de múltiplas gerações explica nosso crescente controle sobre recursos e fluxos de energia na biosfera. Essa tendência acelerada moldou muito da história humana, e culmina hoje em nos tornar a mais poderosa força de mudança na biosfera. Em meus trabalhos, descrevi essa capacidade de compartilhar e acumular informação como “aprendizado coletivo”. Deu a nós, humanos, não apenas um crescente controle sobre os fluxos de energia e recursos no meio ambiente, mas também um progressivo insight acerca do mundo e do Universo em que habitamos. A ciência moderna, tal como as modernas religiões e literaturas, são criações de milhões de indivíduos, trabalhando no âmbito de redes compartilhadas de conhecimento. Em apenas um século, a esfera da mente humana, ou a noosfera, como designou Vernadsky, tornou-se uma força de mudança planetária.³⁷

Minha convicção pessoal está em que a ideia de “aprendizado coletivo” nos oferece um paradigma que pode estruturar nosso entendimento da história humana e da natureza distinta de nossa espécie. A história humana é movida pelo aprendizado coletivo da mesma maneira que a história dos organismos vivos é movida pela seleção natural. Se essa ideia for amplamente correta, ela ilustra a capacidade da grande história em esclarecer problemas profundos através de nos ajudar a vê-los contra um pano de fundo excepcionalmente amplo, como parte de um mapa mundi do conhecimento moderno.

A Grande história é uma narrativa. Até aqui discuti a natureza da verdade que pode ser reclamada pela grande história, e sua capacidade de sinergizar

pesquisas interdisciplinares e colaborativas. Mas, é claro, a grande história também conta uma estória. Ela emerge, como Carr escreveu a respeito de toda história, a partir de um “infindável diálogo entre presente e passado”. Seus dois polos são o passado como um todo, e os historiadores que observam esse passado a partir de uma posição privilegiada no presente. Como a história em geral, a grande história é de fato o produto de historiadores que constroem a narrativa macro-histórica. Isso quer dizer, é claro, que a grande história está evoluindo e irá evoluir, como todas as narrativas, à medida que for contada por diferentes narradores, escrita em diferentes contextos, e com diferentes preocupações.

A grande história é uma narrativa de origens. Mas devido às suas ambições universalistas, ela não é somente apenas uma estória qualquer acerca do passado. Suas ambições universais significam que ela compartilha muito com as narrativas de origens tradicionais. Até onde sabemos, todas as comunidades humanas tentaram construir relatos unificados a respeito da origem do todo que nos rodeia. É nesse sentido que emprego a ideia de “narrativas de origens”. Elas tentam consolidar e passar adiante tudo o que é conhecido em uma dada comunidade a respeito de como nosso mundo se tornou o que é. Elas são extraordinariamente poderosas se forem acreditadas, se soarem como verdadeiras àqueles que as ouvem e as recontam, independentemente de tratarmos de comunidades de coletores do mundo paleolítico, ou de grandes tradições filosóficas e religiosas das maiores civilizações mundiais, do confucionismo ao budismo, até as tradições do mundo asteca, da cristandade e do islã. São também poderosas porque compartilhadas pela maioria dos membros de uma dada comunidade, que aprendem os rudimentos de suas narrativas de origens enquanto crianças, e então internalizam essas estórias ao longo de muitos anos de educação, com crescente detalhe e sofisticação. Até onde sabemos, narrativas de origem são encontradas no núcleo de todas as formas de educação. Elas proveram conhecimento fundacional em seminários e universidades, e também

nas ricas tradições orais passadas pelos anciãos em todas as comunidades de caçadores-coletores.

À luz dessa discussão é evidente que a noção de anomia durkheimiana também pode ser entendida como o estado mental daqueles que carecem de acesso a narrativas de origens críveis, ricas e acreditadas. Anomia intelectual é um estado de desmapeamento e de falta de significado. Curiosamente, esse é o estado intelectual que se torna a norma no século XX, ao passo que a globalização e a ciência moderna golpearam a confiança nas narrativas de origem tradicionais, tanto nos centros metropolitanos do mundo quanto em suas margens coloniais. Em toda parte, sistemas educacionais modernos e seculares não mais ensinavam no âmbito de tradições compartilhadas de conhecimento fundacional.

Alguns viram no declínio das narrativas de origem tradicionais algo emocionante e libertador, e sacramentado nas múltiplas e livremente flutuantes perspectivas de um mundo sem uma narrativa originária compartilhada. Mas muitos, tanto no mundo colonial quanto nas pátrias metropolitanas, experienciaram, e continuam a experienciar, um profundo sentimento de perda. Hoje, nos acostumamos tanto a um mundo sem ideias estruturantes universais (particularmente nas humanidades) que se torna fácil esquecer o quão doloroso foi a perda do senso de coerência intelectual que acompanhava a confiança em uma narrativa de origens. Mas esse sentimento de perda é evidente em muito da literatura, filosofia e arte do fim do século XIX e início do século XX.

Aqui vão apenas dois exemplos mais ou menos fortuitos do que quero dizer. Em seu poema de 1851, “Dover Beach”, Matthew Arnold escreve:

O mar da fé
Esteve um dia também no pleno e curvo
litoral da Terra
Repousava como as dobras de um
brilhante cinto engelhado.
Mas agora só ouço
Seu melancólico, longo e retraído rugido,

Retirando-se ao sabor
Do vento da noite, para as vastas bordas
sombrias
E praias desoladas do mundo.

O poema continua com uma visão terrível de um futuro sem coerência e significado:

Ah, amor, sejamos francos
Um com o outro! Porque o mundo, que
parece
Estar diante de nós como uma terra de
sonhos,
Tão variado, tão belo, tão novo,
Em verdade não tem nem júbilo, nem
amor, nem luz,
Nem certeza, nem paz, nem alívio para a
dor;
E aqui estamos como em uma planície
sombria
Varrida por alarmas confusos de luta e
fuga,
Onde exércitos ignorantes se confrontam
na noite.

“The Second Coming” de W. B. Yeats, escrito em 1919, logo após a Grande Guerra, pareceu concretizar a visão apavorante de Arnold sobre o futuro.

Girando e girando no volteio crescente
O falcão não pode ouvir o falcoeiro
As coisas desmoronam; o centro não se
mantém;
Mera anarquia desenfreada sobre o mundo,
A maré sangrenta incontrolada, e em toda
parte
A cerimônia da inocência é afogada;

O poema se encerra com uma famosa e atemorizante imagem:

Qual tosca besta, chega enfim sua hora,
Rasteja-te a Belém para nascer?

A especialização, e a perda das narrativas unificadoras tradicionais, foram sintomáticas de um mundo caótico e incoerente descrito em muito da literatura, da arte e da filosofia do século XX. Em verdade, frequentemente se

assume que esse mundo de disciplinas e perspectivas isoladas e mesmo incomensuráveis é característico da modernidade em geral. O mundo moderno reuniu com tal violência povos, culturas, religiões e tradições que produziu um sentido crescente de humanidade enquanto unidade, enquanto simultaneamente minava a confiança nas visões unificadoras tradicionais do mundo. Em *O Manifesto Comunista*, vemos que na era burguesa da história humana: “Todas as relações fixas e cristalizadas, com seu cortejo de arcaicos e veneráveis preconceitos e opiniões, são varridas, todas aquelas recém-formadas se tornam antiquadas antes mesmo que possam se ossificar. Tudo que é sólido desmancha no ar, tudo que é sagrado é profanado...”. Num livro sobre a modernidade que toma seu título dessa passagem, Marshall Berman afirma que o mundo moderno criou “uma unidade paradoxal, uma unidade de desunião; ele nos lança em um redemoinho de perpétua desintegração e renovação, de peleja e contradição, de ambiguidade e angústia. Ser moderno é fazer parte de um universo no qual, como Marx disse: ‘tudo que é sólido desmancha no ar’.”³⁸

Mas uma interpretação diferente também é possível. Talvez ao longo de boa parte do século XX, tenhamos vivido em um tipo de canteiro de obras intelectual, rodeado pelos escombros de velhas narrativas de origens, enquanto uma nova narrativa originária era construída ao nosso redor, uma história para a humanidade como um todo. A melhor evidência para essa ideia é a re-emergência das narrativas unificadoras nos últimos cinquenta anos. Visto dessa perspectiva, a grande história é o projeto que almeja obter e construir uma moderna e global narrativa originária.

A grande história é uma narrativa de origens para o Antropoceno. Quem sabe, então, possamos pensar na grande história como a narrativa originária para o estranho mundo do século XXI. A grande história se funda nas conquistas intelectuais da ciência moderna do século XX, mas também é ela produto de um mundo globalizado, que é radicalmente diferente daquele em que viveu E. H. Carr. O conhecimento científico avançou mais rápido que poderíamos imaginar, e

novas tecnologias como a Internet criaram um mundo muito mais entrelaçado. Mas talvez as mudanças mais importantes surjam dessa grande aceleração, desse espantoso crescimento da demografia humana, do uso de energia e do controle sobre o meio ambiente, e da interconexão entre os seres humanos, nesses sessenta anos desde que Carr escreveu. Nesse breve período, nós humanos tornamo-nos, coletivamente, a força mais importante de mudança na biosfera, a primeira e única espécie a cumprir esse papel nos quatro bilhões de anos de vida na Terra. Esse é um desdobramento que Carr não poderia ter imaginado em 1961. Essa mudança espetacular significa que perguntas a respeito da natureza e da fonte do assombroso poder exercido coletivamente por sete bilhões e quatrocentos mil humanos têm um alcance muito maior do que tinham no tempo de Carr. Nesse sentido, a grande história pode ser pensada como uma narrativa originária para a Época Antropocênica na história humana.

Necessitamos da escala ampla da grande história para vermos o Antropoceno de modo claro, dado que ele não se configura apenas como um ponto de virada na moderna história mundial, mas como uma fronteira significativa na história humana em geral, e mesmo na história do planeta Terra. A maior parte dos estudos históricos contemporâneos se debruça sobre os últimos quinhentos anos. O perigo dessa perspectiva encurtada está em normalizar a história recente, fazendo das econômica e socialmente dinâmicas sociedades dos séculos recentes algo típico na história humana em geral. Elas não o são. Seu dinamismo é extraordinário e excepcional. A própria ideia de história, de mudança em longo prazo, é moderna e, como John McNeill mostrou, a escala da transformação na era moderna, e particularmente desde meados do século XX, é de fato “algo novo sob o sol.”³⁹ Em contraste, a maior parte das pessoas na maior parte das sociedades ao longo dos últimos duzentos mil anos viveram suas vidas em estruturas e ambientes que pareciam relativamente estáveis, porque a mudança era tão lenta que não podia ser observada na escala de umas poucas gerações.

Somente no âmbito das vastas escalas da grande história se torna possível ver com clareza que a

Época Antropocênica é estranha não apenas na escala humana, mas também naquela da história do planeta Terra. Talvez por essa razão, em um artigo recente, um grupo de paleontólogos sugeriu que o Antropoceno representa uma das três mais importantes mudanças na história da biosfera, juntamente com o surgimento da vida, quase quatro bilhões de anos atrás, e da vida multicelular há seiscentos milhões de anos ⁴⁰. Nunca antes uma única espécie dominou a mudança na biosfera como os humanos o fazem hoje, e nunca antes o futuro próximo dependeu, como hoje, de decisões, insights e caprichos de uma única espécie. Considerar a estranheza da sociedade moderna é vital se pretendemos compreendê-la o suficiente para lidar com as consequências globais que provocará no futuro próximo. Entender o quão estranho o mundo de hoje é talvez nos confira uma consideração renovada acerca dos insights e do entendimento que tiveram nossos ancestrais, que mantiveram por muitos milênios uma relação muito mais estável com a biosfera do que demonstram as sociedades modernas.

Grande história é a primeira narrativa de origens para todos os humanos. Se a grande história é uma narrativa de origens, ela é também a primeira narrativa desse tipo para a humanidade como um todo. Surgindo, como o fez, em um mundo densamente interconectado, é a primeira construída por, e disponível a todos os seres humanos. Enquanto as narrativas tradicionais tentaram sumarizar o conhecimento de comunidades ou regiões particulares, ou de tradições culturais, essa é a primeira que tenta sintetizar conhecimento acumulado de todas as partes do mundo. Isso por si só sugere a riqueza de informação e a espantosa riqueza de detalhes de uma moderna narrativa de origens.

Narrativas de origem tradicionais proveram uma visão unificada para comunidades particulares, enfatizando as ideias que diferentes povos compartilharam, tal como as modernas histórias nacionais o fazem, promovendo uma visão unificada para os estados nacionais a despeito de diferenças internas em língua, cultura, religião e etnicidade. De maneira análoga, a grande história pode começar a gerar uma visão unificada para a humanidade como

um todo, a despeito das muitas diferenças entre regiões, nações e tradições culturais. A construção e a disseminação de uma narrativa de origens global podem ajudar a gerar o senso de unidade humana que será preciso na medida em que as sociedades humanas naveguem coletivamente através dos desafios globais das próximas décadas. Ainda que os tribalismos culturais e nacionais que dominaram o mundo em que viveu Carr ainda estejam bem presentes hoje, ele ficaria surpreso em ver, surgindo *pari passu*, uma narrativa de origens para a humanidade como um todo.

Tão interconectado é o mundo de hoje que a ideia de uma humanidade unificada, com uma história própria, tem a relevância que faltava no tempo de Carr, quando as mais significativas comunidades humanas pareciam ser os estados-nação ou as regiões culturalmente coesas como o “Ocidente” ou o mundo islâmico, ou zonas dominadas por grandes impérios tradicionais como a China ou a Índia. Hoje, um sentido de cidadania global, de pertencimento à comunidade global da humanidade, não é apenas uma questão de precisão científica (falando em termos genéricos somos, afinal de contas, uma espécie notavelmente homogênea, tanto que a categoria, *Homo sapiens* tem uma precisão científica de que carece a categoria “ser humano chinês” ou “ser humano norte-americano”). Consciência acerca daquilo que todos os humanos compartilham é crescentemente uma questão de autopreservação, particularmente num mundo com armas nucleares. E. H. Carr escreveu *O que é História?* um ano antes da crise dos mísseis em Cuba, quando, de acordo com o presidente Kennedy, as chances de uma guerra total nuclear eram de “uma em três.”⁴¹

A tentativa de H. G. Wells de escrever uma história universal em 1919, quando os horrores da Grande Guerra ainda estavam vívidos em sua mente, foi motivada por um sentido similar de unidade humana. A paz, argumentou ele, necessitava de novas maneiras de pensar. Ela requeria:

...ideias históricas comuns. Sem tais ideias para mantê-los em cooperação harmônica, com nada além de tradições nacionalistas estreitas, egoístas e conflitantes, raças e

povos estão destinados a vagar em direção ao conflito e à destruição. Essa verdade, que era aparente ao grande filósofo Kant um século ou mais atrás...é agora clara ao homem comum.⁴²

Mais recentemente, o grande historiador mundial norte-americano William McNeill, defendeu com igual eloquência:

A humanidade inteira possui uma comunalidade a qual historiadores podem desejar entender tão firmemente quanto possam compreender o que vem a unir quaisquer grupos de menor porte. Em vez de amplificar conflitos, como uma historiografia paroquial inevitavelmente o faz, deve-se esperar de uma história mundial inteligível que diminua a letalidade dos encontros entre grupos por meio de cultivar um sentido de identificação individual com os triunfos e tribulações da humanidade como um todo. Isso, em verdade, me parece ser o dever moral da profissão historiográfica em nosso tempo. Precisamos desenvolver uma história ecumênica, plena de espaço para a diversidade humana em toda a sua complexidade.⁴³

Como Wells entendeu, uma história universal é o veículo natural para uma história unificada da humanidade porque, diferentemente de histórias nacionais, a grande história primeiro encontra os humanos não como tribos belicosas, mas como uma espécie notoriamente homogênea. E essa é uma narrativa que pode ser contada agora com crescente precisão e confiança, e pode ajudar-nos a entender o lugar de nossa espécie não apenas no passado recente, mas na história da biosfera, e do Universo inteiro.

Notas finais

- 1 Jean Bodin, século XVI, citado por Craig Benjamin “Beginnings and Endings”, in Marnie Hughes-Warrington, ed., *Palgrave Advances in World Histories* (Nova Iorque: Palgrave Macmillan, 2005), p. 95.
- 2 E.O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge* (Londres: Abacus, 1998).
- 3 E. H. Carr, *What is History?* (Harmondsworth: Penguin, 1964), primeira edição de 1961, apresentado em 1961 na forma de palestra em honra de George Macaulay Trevelyan, em Cambridge.
- 4 Carr, *What is History?* p. 150.
- 5 Sobre Humboldt como um historiador à frente de seu tempo, ver Fred Spier, *Big History and the Future of Humanity*, 2nd ed., Malden, Mass.: Wiley Blackwell, 2015, pp. 18-21, e Andrea Wulf, *The Invention of Nature: The Adventures of Alexander von Humboldt, the Lost Hero of Science*, (London: John Murray, 2015).
- 6 A distinção entre disciplinas paradigmáticas e pré-paradigmáticas foi introduzida por um livro cuja primeira edição aparece em 1962, um ano apenas após o livro de Carr: Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed. (Chicago: University of Chicago Press, 1970).
- 7 Carr, *What is History?* p. 7-8.
- 8 C. P. Snow, *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (Cambridge, Cambridge University Press, 1959).
- 9 Carr, *What is History?* p. 32.
- 10 Carr, *What is History?* p. 26.
- 11 Carr, *What is History?* p. 84.
- 12 Carr, *What is History?* p. 23.
- 13 Carr, *What is History?* p. 24.
- 14 A obra de Collingwood, como a de Carr, foi subsídio elementar para estudantes de minha geração. Seu mais importante trabalho é R. G. Collingwood, *The Idea of History*, rev. ed. Jan Van der Dussen (Oxford and New York: Oxford University Press, 1994).
- 15 Citado de Robert C. Tucker, ed., *The Marx-Engels Reader*, 2nd ed. (New York and London: W.W. Norton & Co., 1978), p. 595.
- 16 Carr, *What is History?* p. 30.
- 17 David Cannadine, ed., *What is History Now?* (Basingstoke: Palgrave/Macmillan, 2002).
- 18 Jean-François Lyotard, *The Postmodern Condition: A Report on Knowledge*, transl. Geoff Bennington and Brian Massumi (Minneapolis: University of Minnesota Press, 1984).
- 19 Um interessante exemplo é *The History Manifesto* de Jo Guldi and David Armitage, (Cambridge: CUP, 2014), que traz uma crítica agressiva à ênfase no curto prazo da historiografia contemporânea.
- 20 Uma relação inicial deve incluir Eric Chaisson, *Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2001); David Christian, *Maps of Time: An Introduction to Big History* (Berkeley, CA: University of California Press, 2nd ed., 2011); Fred Spier, *Big History and the Future of Humanity*, (2nd ed., Malden, MA: Wiley/Blackwell, 2015); Cynthia Stokes Brown, *Big History: From the Big Bang to the Present*, (2nd ed., New York: New Press, 2012); um texto universitário, David Christian, Cynthia Stokes Brown, and Craig Benjamin, *Big History: Between Nothing and Everything* (New York: McGraw-Hill, 2014); antologias de ensaios, como Barry Rodrigue, Leonid Grinin and Andrey Korotayev, eds., *From Big Bang to Galactic Civilizations: A Big History Anthology, Vol. 1, Our Place in the Universe* (Delhi: Primus Books, 2015); e a publicação lindamente ilustrada Macquarie University Big

- History Institute, *Big History* (London: DK books, 2016).
- 21 Cannadine, ed., *What is History Now?* p. 149.
- 22 Essa sessão sintetiza e expande argumentos que apresentei em “The Return of Universal History”. *History and Theory*, Theme Issue, 49 (December, 2010), p. 5-26.
- 23 Erwin Schrödinger, *What is Life?* (Cambridge: CUP, 2000), p. 1 [publicado originalmente em 1944]; Schrödinger também estava bem atento às barreiras que a especialização impunha a essas ambições.
- 24 Carr, *What is History?* p. 57.
- 25 A série *Cosmos*, de Carl Sagan, foi televisionada pela primeira vez em 1980. A obra *Cosmos, Earth, and Man: A Short History of the Universe* (New Haven: Yale University Press, 1978) de Preston Cloud, foi publicada apenas dois anos antes, em 1978.
- 26 Há um bom relato sobre as metodologias reais na ciência moderna – em oposição às idealizadas - em John Ziman, *Real Science: What it is, and what it means*. (Cambridge: CUP, 2000).
- 27 Ver David Christian, “Historia, complejidad y revolución cronométrica” [“History, Complexity and the Chronometric Revolution”], *Revista de Occidente*, Abril 2008, No 323, 27-57, e David Christian, “History and Science after the Chronometric Revolution”, in Steven J. Dick and Mark L. Lupisella, eds., *Cosmos & Culture: Cultural Evolution in a Cosmic Context*, (NASA, 2009), pp. 441-462.
- 28 H.G. Wells, *Outline of History: Being a Plain History of Life and Mankind*, 3rd ed., (New York: Macmillan), 1921, p. 1102.
- 29 John Mulvaney & Johan Kamminga, *Prehistory of Australia* (Sydney: Allen & Unwin, 1999), p. 1-2.
- 30 Colin Renfrew, *Prehistory: The Making of the Human Mind* (London: Weidenfeld and Nicolson, 2007), p.41.
- 31 Cannadine, *What is History Now?* p. 153.
- 32 William H. McNeill, “History and the Scientific Worldview,” *History and Theory*, 37, no. 1 (1998): p. 12-13.
- 33 *Origins* (Bulletin of the International Big History Association), 2016, VI.08, p. 7.
- 34 Andrew Wulf, *The Invention of Nature: The Adventures of Alexander von Humboldt, the lost Hero of Science*, London: John Murray, 2015. Capítulo 18, “Humboldt’s Cosmos”.
- 35 Podemos traduzir *Goldilocks condition* como “Condição Cachinhos Dourados”, em analogia à estória infantil “Cachinhos de Ouro e os três ursos”. Em resumo, refere-se a um ponto de interseção especial entre variáveis independentes, que funciona como condição *sine qua non* para colocar em marcha determinado processo macro-histórico (Nota do Tradutor).
- 36 Peter Hoffmann, *Life’s Ratchet How Molecular Machines Extract Order from Chaos* (New York: Basic Books, 2012), é uma maravilhosa exploração acerca de como máquinas moleculares se utilizam da “tempestade molecular” criada pela energia aleatória em uma molécula individual de modo a impulsionar a química das células; e por que motivo, ao fazê-lo, não vem a violar a segunda lei da termodinâmica dado que depende de fontes adicionais de energia livre, em maior parte supridas pela molécula “bateria”, a ATP.
- 37 Sobre a ideia de Noosfera, ver David Christian, “The Noösphere,” em *Edge.org Annual Question for 2017* (Jan 2017), <https://www.edge.org/response-detail/27068>.

- 38 Marshall Berman, *All that is Solid Melts into Air: the Experience of Modernity*, (New York: Penguin, 1988, primeira edição de 1982), p. 15.
- 39 Para mais sobre essas questões, ver David Christian, “History and Time”, *Australian Journal of Politics and History*, Volume 57, Number 3, 2011, pp. 353-365, e John McNeill, *Something New under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World* (New York: W. W. Norton, 2000).
- 40 Mark Williams, Jan Zalasiewicz, et. al., “The Anthropocene Biosphere”, *The Anthropocene Review*, (2015): p. 1-24.
- 41 Graham Allison and Philip Zelikow. *Essence of Decision: Explaining the Cuban Missile Crisis*, 2nd ed. (New York: Longman, 1999), p. 271.
- 42 Wells, H.G. *Outline of History*, 3rd ed., 1921, vi.
- 43 William H. McNeill, “Mythistory, or Truth, Myth, History, and Historians”, *The American Historical Review*, Vol. 91, No. 1, (Feb., 1986), p. 7.

¿Qué es la Gran Historia?

David Christian

Universidad Macquarie

Traducido por Gabriel Gromadzyn

Abstract La Gran Historia es un nuevo campo disciplinario de estudios que se ocupa del pasado en todas las escalas posibles. Su enfoque es histórico, pero vincula las disciplinas de la cosmología a la geología con la biología evolutiva y la historia humana. Comenzando “¿Qué es la Historia?” de E.H. Carr, este ensayo describe la evolución de la Gran Historia y, en particular, su relación con la disciplina histórica. Describe qué es la nueva disciplina y en qué podría convertirse. Sostiene que la Gran Historia puede ayudar a superar la fragmentación característica de la educación moderna y la erudición en todas las disciplinas. Al hacerlo, puede desentrañar algo así como una historia de origen moderna y global, basada en lo mejor de la erudición científica moderna.

Correspondence | David Christian, david.christian@mq.edu.au

Citation | Christian, D. (2018) ¿Qué es la Gran Historia? *Journal of Big History*, II(3); 139 - 156.

DOI | <http://dx.doi.org/10.22339/jbh.v2i3.2340>

Como se equivocan, quienes estudian los mapas de las regiones antes de haber aprendido con precisión la relación del universo entero y sus partes separadas y comparadas entre sí y con el todo, así como no están menos equivocados los que piensan que pueden entender historias particulares antes de tener un juicio de orden y secuencia de toda la historia universal y de todos los tiempos, expuesta por así decirlo en una tabla.¹

La Gran Historia representa un intento de lo que E.O. Wilson ha llamado “Consiliencia”, un retorno al objetivo de una comprensión unificada de la realidad, en lugar de las visiones fragmentadas que dominan la educación moderna y la erudición.² Aunque parezca nuevo, el objetivo de la consiliencia es muy antiguo. E incluso en sus formas modernas, la Gran Historia ha existido por lo menos durante un cuarto de siglo. Por lo tanto, la publicación del primer número de *The Journal of Big History* ofrece la oportunidad ideal para realizar un inventario.

Este artículo es una cuenta personal en este campo. Ve a la Gran Historia como la forma moderna de un

1 Jean Bodin, siglo XVI, citado de Craig Benjamin “Beginnings and Endings”, en Marnie Hughes-Warrington, ed., Palgrave *Advances in World Histories*, p. 95.

2 E.O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge*, Londres: Abacus, 1998.

proyecto antiguo. Soy un historiador por formación, por lo que mi área de saber se centra en la relación de la Gran Historia con la disciplina de la historia. Refleja la perspectiva de un historiador entrenado en el mundo de habla inglesa, y se centra en la relación de la Gran Historia con la erudición histórica anglófona. Pero no sólo para la erudición histórica anglófona, porque los debates que discuto tenían sus contrapartidas y ecos en muchas otras tradiciones de erudición histórica. Tampoco me enfoco sólo en la erudición histórica como normalmente se entiende dentro de la academia, porque la Gran Historia ve la historia humana como parte de un pasado mucho más amplio que incluye el pasado estudiado por biólogos, paleontólogos, geólogos y cosmólogos. Al vincular diferentes perspectivas y escalas, y muchas disciplinas académicas diferentes, todas las cuales intentan comprender las raíces profundas del mundo de hoy, la Gran Historia puede transformar nuestra comprensión de la “historia”.

Sin embargo, para capturar completamente la riqueza y el alcance de este nuevo y vibrante campo de investigación, erudición y enseñanza, eventualmente necesitaremos las perspectivas de grandes historiadores entrenados en muchas otras disciplinas. Espero que este ensayo pueda alentar a tales académicos a ofrecer sus perspectivas sobre la historia y la naturaleza de la Gran Historia.

La evolución de la erudición histórica en el siglo XX:

Los historiadores reconocerán que mi título proviene de un ensayo clásico sobre historia, estudiado por la mayoría de los graduados de la historia de habla inglesa. Fue escrito en 1961 por E.H. Carr, un historiador de la Unión Soviética. El libro de Carr comenzó como una serie de conferencias dadas en Cambridge en 1961 en honor a George Macaulay Trevelyan, un historiador que, a diferencia de Carr, consideraba que la disciplina de la historia era bastante distinta de las ciencias. Como historiador de Rusia y la Unión Soviética, Carr tomó en serio la insistencia marxista de que la historia debería ser considerada como una rama de la ciencia, y esa idea influyó en mi propio pensamiento sobre la historia ya que yo también ingresé al campo de la historia rusa como un graduado estudiante en la década de 1970.

En “¿Qué es la historia?”, Carr rastrea la evolución de la disciplina histórica en Inglaterra a principios del siglo XX. En un nivel, su historia es una tendencia sostenida que se aleja del realismo confiable, el positivismo e incluso el universalismo de muchos pensadores históricos del siglo XIX, hacia una creciente fragmentación y escepticismo. Él comienza citando la visión confiable de Lord Acton de la erudición histórica desde la década de 1890, cuando Acton presidió la primera edición de la *Cambridge Modern History*. Acton vio en ella “una oportunidad única de grabar, ... la plenitud del conocimiento que el siglo XIX está a punto de legar ...”. Agregó: “La última historia que no podemos tener en esta generación [pero] ... toda la información está ahora al alcance, y cada problema se ha convertido en una solución”.³ La visión de la historia de Acton es confiable, positivista y optimista, y asume que la historia es parte del proyecto más amplio de aumentar el conocimiento humano en general. Su visión de la historia también es amplia. Supuso que los historiadores deberían apuntar

3 E. H. Carr, *¿qué es historia?* Penguin, 1964, 1er publicado en 1961, y entregado en 1961 como George Macaulay Trevelyan Lectures, Cambridge, 7.

a algún tipo de “historia universal”, aunque parece haber entendido que esa frase significa, no una forma temprana de Gran Historia, sino algo más cercano a la “historia mundial” o la “historia global” moderna. Acton definió la historia universal como “aquello que es distinto de la historia combinada de todos los países”.⁴

A principios del siglo XX, la erudición histórica inglesa experimentó una profunda transformación, y cuando Carr escribió, la disciplina estaba más fracturada y menos segura de sí misma. Estos cambios fueron parte de un cambio radical que afectó a la mayoría de las disciplinas académicas, desde las humanidades hasta las ciencias naturales, ya que la especialización y la profesionalización dividieron a las becas en compartimentos cada vez más pequeños, cada uno ofreciendo su propia visión del mundo. La especialización demostró ser una poderosa estrategia de investigación, pero se logró cortando los antiguos vínculos entre los campos del conocimiento, dejándolos cada vez más aislados unos de otros. La idea de un sólo mundo de conocimiento, ya sea que esté unida por cosmologías religiosas como la cristiandad o la erudición científica, la visión que subyace al intento de Alexander von Humboldt de escribir una historia universal científica en su “Kosmos”, fue abandonada.⁵ En disciplinas de humanidades como la historia, que carecían del tipo de ideas paradigmáticas unificadoras características de las ciencias naturales en la época de Darwin, de Maxwell y de Einstein, la especialización también socavó el realismo epistemológico confiable de Acton.⁶

Carr capta algunos de estos cambios al citar la introducción a la segunda edición de la *Cambridge Modern History*, escrita por George Clark en 1957,

4 Carr, *¿qué es historia?* p. 150.

5 Sobre Humboldt como gran historiador antes de su tiempo, ver Fred Spier, *Big History and the Future of Humanity*, 2nd ed., Malden, Mass.: Wiley Blackwell, 2015, pp. 18-21, y Andrea Wulf, *The Invention of Nature: The Adventures of Alexander von Humboldt, the Hero of the Science Lost*, Londres: John Murray, 2015.

6 Carr, *¿qué es historia?* p. 150.

más de medio siglo después de las declaraciones de Acton. Después de citar las esperanzas de Acton de una “historia definitiva”, Clark escribe:

Los historiadores de una generación posterior no esperan esa posibilidad. Esperan que su trabajo sea reemplazado una y otra vez. ... La exploración parece ser interminable, y algunos eruditos impacientes se refugian en el escepticismo, o al menos en la doctrina de que, dado que todos los juicios históricos involucran personas y puntos de vista, uno es tan bueno como otro y no hay una verdad histórica “objetiva”.⁷

La pérdida de confianza en una epistemología realista o naturalista en disciplinas como la historia, amplió el abismo entre las “dos culturas” de las ciencias y las humanidades que tanto preocupaban a C.P. Snow en una famosa conferencia pronunciada en 1959.⁸ El abismo era particularmente amplio en el mundo de habla inglesa, porque el inglés, a diferencia de la mayoría de los otros idiomas académicos, limitaba la palabra “ciencia” a las ciencias naturales. En inglés, la idea misma de “ciencia histórica” comenzó a parecer absurda. En la época de Carr, la erudición histórica había perdido la confianza tanto en la naturaleza “científica” de la erudición histórica, como en la epistemología realista que todavía apuntalaba la investigación en las ciencias naturales.

El escepticismo y la fragmentación intelectual socavaron la antigua esperanza de que la historia podría empoderarnos ayudándonos a comprender mejor el presente y debilitar la confianza en el valor de la investigación histórica. A medida que se aislaron cada vez más de otras disciplinas e incluso entre sí, los historiadores se quedaron con visiones cada vez más fragmentadas del pasado y de la naturaleza y los objetivos de la historia. Esta creciente sensación

de fragmentación fue la contraparte académica de lo que Durkheim llamó *anomie*, la pérdida de un sentido de coherencia y significado, una idea que Carr mismo resume en una nota al pie como “la condición del individuo aislado de ... la sociedad”.⁹ Académicamente, *anomie* surgió del aislamiento cada vez mayor de los académicos tanto unos de otros como de un mundo unificado de conocimiento. La única fuerza que mitigaba parcialmente la creciente sensación de aislamiento académico era el nacionalismo. Aunque tribal por su propia naturaleza, las historias nacionales, que habían florecido desde el siglo diecinueve, proporcionaron cierto sentido de cohesión para los historiadores que trabajan dentro de las tradiciones historiográficas nacionales.

La propia posición de Carr cae entre el realismo científico robusto de Acton y el relativismo vacilante de Clark. Él explora brillantemente la compleja dialéctica entre la historia como verdad, y la historia como historias que contamos sobre el pasado. Toma la verdad y la ciencia en serio, porque cree que la historia, como la ciencia, y como la verdad en general, tiene un propósito: puede empoderarnos. Nos fortalece al mejorar nuestra comprensión del presente, y lo realiza haciendo corresponder el presente con el pasado: “La función del historiador no es amar el pasado ni emanciparse del pasado, sino dominarlo y comprenderlo como la clave para la comprensión del presente”.¹⁰ De ello se desprende que los mapas del pasado creados por los historiadores deben ser buenos mapas. Como buena ciencia, tenían que darnos un mejor control del mundo real. Entonces Carr, como Marx, era un filósofo realista, y no vio un abismo fundamental entre las Humanidades y las Ciencias Naturales.¹⁰ “Científicos, científicos sociales e historiadores están involucrados en diferentes ramas del mismo estudio: el estudio del hombre y su entorno, de los efectos del hombre en su entorno y de su entorno en el hombre. El objeto del estudio es el mismo: aumentar la comprensión y el dominio del

7 Carr, *¿qué es historia?* pag. 7-8.

8 C. P. Snow, *Las dos culturas y la revolución científica* (Cambridge, 1959).

9 Carr, *¿qué es historia?* pag. 32.

10 Carr, *¿qué es historia?* pag. 26.

hombre sobre su entorno”.¹¹

Por otro lado, Carr entendió más claramente que Acton que el pasado no está simplemente esperando ser descubierto, “como pescado en el escaparate de una pescadería”.¹² La historia consiste en historias sobre el pasado construidas por historiadores, y cómo construimos esas historias, de como nuestro mundo y nuestros propósitos cambian. Necesitamos rigor empírico para llegar a la verdad sobre el pasado, pero cuando contamos historias sobre el pasado necesitaremos otras habilidades, incluyendo lo que Carr llama “comprensión imaginativa”, la capacidad de comprender a quienes vivieron en el pasado.¹³ En esto, Carr fue influenciado por uno de los grandes filósofos ingleses de la historia, R. G. Collingwood, aunque advirtió que el énfasis de Collingwood en el papel activo del historiador, si se lo toma demasiado, podría llevar a un escepticismo extremo.¹⁴

Particularmente influyente en el pensamiento de Carr fue el equilibrio dialéctico de Marx entre la ciencia y el activismo. Marx insistió en que hay un pasado objetivo. Pero hacer que algo de ese pasado sea una tarea creativa, y cómo lo abordamos depende de quiénes somos y el presente particular en el que escribimos y estudiamos. Esta es la dialéctica que Marx describió en un famoso pasaje del “18^{avo} Brumario de Luis Napoleón”.

Los hombres hacen su propia historia, pero no la hacen como quieren; no lo hacen bajo circunstancias elegidas por ellos mismos, sino en circunstancias directamente encontradas, dadas y transmitidas desde el pasado. La tradición de todas las generaciones muertas pesa como una

pesadilla en el cerebro de los vivos.¹⁵

Los historiadores también “hacen su propia historia”, pero lo hacen “bajo circunstancias directamente encontradas, dadas y transmitidas desde el pasado”. Lo que hacen del pasado depende del tiempo y el lugar en el que escriben. Pero las historias que construyen sobre el pasado pueden, a su vez, influir en el pasado estudiado por los futuros historiadores. Como activista, Marx entendió bien que la forma en que describimos el pasado puede moldear el futuro.

Como Marx, Carr entendió el complejo y delicado equilibrio entre la historia como verdad y la historia como historia. La historia es, escribió Carr, en un pasaje familiar para muchos estudiantes de posgrado en historia: “un proceso continuo de interacción entre el historiador y los hechos, un diálogo interminable entre el presente y el pasado”.¹⁶ Al igual que la memoria, la historia no *recuerda* el pasado, lo vuelve a *re-crear*.

Pero, ¿qué pasado? Carr estaba aún más comprometido que Acton para ampliar el alcance de la investigación histórica. Después de todo, era un historiador de Rusia y estaba ansioso por demostrar la importancia de las historias que habían sido descuidadas por los historiadores de habla inglesa. Como admirador de Joseph Needham, también insistió en la importancia de la historia china y las historias de muchas otras partes del mundo más allá de Europa. Pero, aunque el pasado de Carr es amplio, no es profundo. Muestra poco interés en la prehistoria humana o en las historias de la biosfera y el universo. Y eso tal vez sea sorprendente, dado su interés por Marx, que veía la historia como parte de un conocimiento continuo que incluía todas las ciencias. De hecho, Marx, como von Humboldt, fue un gran historiador anticipado a su tiempo. Pero Carr escribió en una era de fragmentación académica, y la Gran Historia no estaba en su radar, o en el radar de cualquier historiador de

15 Citado de Robert C. Tucker, ed., *The Marx-Engels Reader*, 2nd ed. (Nueva York y Londres: W.W. Norton & Co., 1978), 595.

16 Carr, ¿qué es historia? pag. 30.

11 Carr, *¿qué es historia?* pag. 84.

12 Carr, *¿qué es historia?* pag. 23.

13 Carr, *¿Qué es la historia?* pag. 24.

14 El trabajo de Collingwood, al igual que el de Carr, era una opción básica para los graduados de mi generación. Su obra más importante fue R. G. Collingwood, *The Idea of History*, rev. ed., ed. Jan Van der Dussen (Oxford y Nueva York: Oxford University Press, 1994).

lengua inglesa de su generación. Sin embargo, estaba en el radar de los historiadores de la Unión Soviética y China, cuya herencia marxista aseguró que la idea de la historia “universal” o “general” nunca perdiera por completo su sentido marxista inclusivo.

En 2001, David Cannadine editó una colección de ensayos llamada *What is History Now? ¿Qué es la Historia ahora?* basado en una conferencia celebrada para conmemorar el 40^{mo} aniversario del libro de Carr.¹⁷ Mucho había cambiado desde que Carr escribió. En todo caso, la disciplina de la historia se había vuelto aún más fragmentada, tanto en contenido como en epistemología, y aún menos segura de sí misma. La visión universalista de Marx o von Humboldt o H.G. Wells, parecía haberse desvanecido por completo, sobreviviendo sólo en la versión reducida de las historias nacionales. Muchos de los cambios evidentes en la colección de Cannadine reflejan la proliferación de posguerra de universidades, estudiantes universitarios, historiadores y subdisciplinas históricas. Este fue un fenómeno mundial, por lo que las tendencias en la investigación histórica inglesa se pueden encontrar, con variaciones, en muchas tradiciones historiográficas diferentes.

El libro de Cannadine ya no se trataba de una sola disciplina de historia, por lo que era apropiado que tuviera múltiples autores. Más historiadores y más estudiantes parecían querer comunicar ideas cada vez más diversas sobre el contenido, el significado y el propósito de la erudición histórica. Cada capítulo trata sobre un tipo diferente de historia, por lo que hay capítulos llamados: “¿Qué es la historia social ahora?”, “¿Qué es la historia intelectual ahora?” Y “¿Qué es la historia cultural ahora?”. La ausencia de “¿Qué es la historia de las mujeres ahora?” O “¿Qué es la historia ambiental ahora?” sorprende, aunque Cannadine insiste en que su libro refleja sólo un pequeño número de subdisciplinas en las que se dividió la historia.

La fragmentación estuvo acompañada de un

17 David Cannadine, ed., *¿Qué es historia ahora?* Basingstoke: Palgrave / Macmillan, 2002.

creciente escepticismo sobre la objetividad y la naturaleza científica de la disciplina. Los historiadores se aislaron cada vez más incluso unos de otros, y cualquier consenso sobre la naturaleza y los objetivos de la historia parecía haberse evaporado. En un ensayo introductorio, Richard Evans señaló el creciente enfoque en la era posmodernista sobre el papel creativo y subjetivo del historiador y sobre el papel del historiador como narrador de historias. Este enfoque fue resumido en el clásico de Hayden White de 1973, *Metahistory: The Imagination Historical in the 19th Century Europe*, que se centró casi por completo en los aspectos literarios de la erudición histórica, en lugar de afirmaciones que de verdad hizo. Las investigaciones históricas parecen haberse dividido en historias múltiples e inconmensurables sobre el pasado, cada una representando una perspectiva particular, y ninguna confiada en sus afirmaciones sobre la verdad histórica. Los historiadores parecen haber asumido el profundo escepticismo hacia las grandes narrativas o metarrelatos que Jean-François Lyotard consideraba una característica definitoria del pensamiento posmoderno.¹⁸

Y sin embargo, ... aunque el cambio apenas se registró en los diales historiográficos del volumen de Cannadine, para el año 2000, la idea de una nueva forma de historia universal ya estaba sacudiendo las márgenes de la erudición histórica. La historia mundial estaba floreciendo en los Estados Unidos, tenía una organización académica bien establecida y una revista exitosa (*The Journal of World History*), y se enseñaba en un número cada vez mayor de universidades y escuelas. Pero varios estudiosos ahora se aventuraron mucho más allá de la historia mundial. Comenzaron a explorar la posibilidad de una historia verdaderamente universal que abarcaría todo el pasado, incluidos los pasados de la biosfera y el universo entero. Para 2001, había enseñado la Gran Historia durante 12 años, pero sólo era un miembro de una pequeña pero vigorosa

18 Jean-François Lyotard, *La condición posmoderna: un informe sobre el conocimiento*, transl. Geoff Bennington y Brian Massumi (Minneapolis: Universidad de Minnesota Press, 1984).

comunidad de académicos que se movían en la misma dirección. Eric Chaisson había estado enseñando versiones astronómicas de la Gran Historia durante más de veinte años, y la Gran Historia se enseñaba en Amsterdam por Fred Spier y Joop Goudsblom, en Dallas por John Mears, en San Francisco por Cynthia Stokes-Brown, en Melbourne por Tom Griffiths y Graeme Davidson, y en otros lugares. La Gran Historia se coló como disciplina histórica que miraba en la dirección opuesta.

Hoy, quince años después del volumen de Cannadine, la Gran Historia sigue siendo marginal, pero está comenzando a sacudir la disciplina de la historia.¹⁹ Existe una literatura académica emergente que demuestra que la Gran Historia puede escribirse con rigor y precisión, y puede producir nuevos conocimientos transformadores sobre el pasado.²⁰ La Gran Historia se enseña con éxito en varias universidades, principalmente en el mundo de habla inglesa, e incluso los departamentos de historia que no la enseñan a menudo incluyen discusiones sobre la Gran Historia en sus seminarios de historiografía. Hay una asociación académica (la IBHA), y ahora una revista de Gran Historia. Gran Historia incluso se enseña en muchas escuelas secundarias, a través del

19 Un ejemplo interesante es *The History Manifesto*, de Jo Guldi y David Armitage, Cambridge: CUP, 2014, que ofrece una crítica agresiva del cortoplacismo en la literatura histórica contemporánea.

20 A start up list might include Eric Chaisson, *Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2001; David Christian, *Maps of Time: An Introduction to Big History*, Berkeley, CA: University of California Press, 2nd ed., 2011; Fred Spier, *Big History and the Future of Humanity*, 2nd ed., Malden, MA: Wiley/Blackwell, 2015; Cynthia Stokes Brown, *Big History: From the Big Bang to the Present*, 2nd ed., New York: New Press, 2012; a university text, David Christian, Cynthia Stokes Brown, and Craig Benjamin, *Big History: Between Nothing and Everything*, New York: McGraw-Hill, 2014; anthologies of essays, such as Barry Rodrigue, Leonid Grinin and Andrey Korotayev, eds., *From Big Bang to Galactic Civilizations: A Big History Anthology, Vol. 1, Our Place in the Universe*, Delhi: Primus Books, 2015; and a beautifully illustrated overview, Macquarie University Big History Institute, *Big History*, London: DK books, 2016.

“Big History Project”, un plan de estudios gratuito en línea lanzado en 2011 y financiado por Bill Gates.

Lo que parecía sólo décadas atrás, un enfoque arcaico, irreal y perverso de la erudición histórica ahora está comenzando a parecer una forma poderosa, rigurosa e incluso transformadora de la erudición moderna, que puede volver a conectar la erudición histórica y la enseñanza una vez más a otras disciplinas tanto en Humanidades como las otras Ciencias.

¿Por qué el regreso a la Historia Universal? ¿Qué pasó?

Algunos de los cambios cruciales ocurrieron dentro de la disciplina histórica. Siempre hubo algunos académicos, como H.G. Wells o Arnold Toynbee, que mantuvieron viva la visión de una comprensión más amplia del pasado. Pero la investigación especializada también sentó las bases para una visión más amplia del pasado, generando una cantidad colosal de nueva erudición histórica, y abordando temas y regiones y épocas que habían sido ignoradas por generaciones anteriores de historiadores. Felipe Fernández-Armesto, un historiador mundial con intereses extraordinariamente amplios, lo describe muy bien en un capítulo del volumen de Cannadine:

“los historiadores cavan surcos cada vez más profundos en un suelo cada vez más seco hasta que los surcos colapsan y quedan sepultados bajo su propia aridez”. Sin embargo, por otro lado, cada vez que uno sale del surco, ahora hay mucho más campo que estudiar, tanto trabajo nuevo y enriquecedor, que puede cambiar la perspectiva o ampliar el marco de comparación “.²¹

Pero muchos de los cambios que permitieron el retorno a la historia universal ocurrieron más allá de la disciplina histórica, y particularmente dentro de las ciencias naturales, que siempre habían sido más amistosas que las humanidades a la idea de la

21 Cannadine, ed., *¿Qué es historia ahora?* pag. 149.

consiliencia.²² El físico cuántico, Erwin Schrodinger, ya había anticipado nuevas formas de unificación académica en un libro que escribió justo después de la Segunda Guerra Mundial sobre la naturaleza de la vida.

Hemos heredado de nuestros antepasados el profundo anhelo de un conocimiento unificado y universal. El mismo nombre dado a las más altas instituciones de aprendizaje nos recuerda que, desde la antigüedad y durante muchos siglos, el aspecto universal ha sido el único al que se le ha dado todo el crédito. ... Sentimos claramente que recién ahora estamos empezando a adquirir material confiable para soldar juntos la suma total de todo lo que se conoce en un todo; ...²³

En las ciencias naturales, como en las humanidades, la erudición especializada durante muchas décadas produjo una gran cantidad de nueva información e ideas. Igualmente importante fue la aparición de nuevas ideas paradigmáticas unificadoras. Los más importantes fueron la cosmología del big bang, la tectónica de las placas y la síntesis darwiniana moderna. Los nuevos paradigmas apenas eran visibles cuando Carr escribió. El ADN había sido descubierto en la propia Universidad de Cambridge, en 1953, pero el significado completo del descubrimiento volvería sólo en la próxima década o dos. Los descubrimientos que afianzaron la tectónica de placas y la cosmología del big bang aún se encontraban en el futuro. Para 1970, sin embargo, los nuevos paradigmas ya alentaban las esperanzas de una nueva unificación del conocimiento, al menos en las ciencias naturales. Algunos científicos incluso comenzaron a hablar de “Grandes Teorías Unificadas”.

22 Esta sección resume y agrega argumentos que presenté en “El retorno de la historia universal”.

23 Erwin Schrödinger, *¿Qué es la vida?* CUP, 2000, p. 1 [primer publ. 1944]; Schrodinger también era muy consciente de las barreras que la especialización ponía en el camino de tales ambiciones.

Particularmente llamativo es el hecho de que los nuevos paradigmas científicos eran de naturaleza histórica. Se había ido el universo estático de Newton, reemplazado por un universo que operaba de acuerdo con las reglas históricas y evolutivas. E.H. Carr era consciente del “giro histórico” en las ciencias naturales, y su significado para la historia, aunque sus ideas serían ignoradas por la mayoría de los historiadores durante los próximos cincuenta años más o menos. La revista *Science* escribió:

“había experimentado una profunda revolución ... Lo que Lyell hizo por la geología y Darwin por la biología, se ha hecho ahora para la astronomía, que se ha convertido en una ciencia de cómo el universo llegó a ser lo que es ... El historiador tiene alguna excusa para sentirse más a gusto en el mundo de la ciencia de lo que podría haberse sentido hace cien años.”²⁴

La cosmología del big bang alentó a astrónomos como Carl Sagan a contar la historia del universo, mientras que la tectónica de placas alentó a geólogos como Preston Cloud a escribir nuevas historias del planeta tierra.²⁵ Resultó que muchos científicos naturales estaban en el mismo negocio sucio que los historiadores, esto es, intentar reconstruir un pasado desaparecido desde pistas aleatorias. El giro histórico en las ciencias naturales acercó los métodos de los científicos a los de los historiadores. Los experimentos controlados sobre los orígenes de la vida en la Tierra o la Revolución Rusa estaban fuera de discusión. En cambio, resultó que muchas disciplinas científicas enfrentaban el mismo desafío metodológico que los historiadores: recolectar tantas pistas del pasado como pudieran, desde la antigua luz de las estrellas hasta los cristales de circonio y los trilobites fósiles, y usarlos para reconstruir plausibles relatos del pasado. Este era un territorio familiar para los historiadores.

24 Carr, *¿Qué es historia?* pag. 57.

25 La serie de televisión de Carl Sagan, *Cosmos*, se emitió por primera vez en 1980; *Cosmos, tierra y hombre* de Preston Cloud: *Una breve historia del universo*, New Haven: Yale University Press, se publicó justo dos años antes, en 1978.

Las desaprobaciones preferidas de Karl Popper rara vez estaban disponibles, y otras habilidades, más borrosas, tales como el reconocimiento de patrones o las corazonadas basadas en la familiaridad prolongada con un campo dado, adquirieron una relevancia creciente tanto en las ciencias naturales como en las humanidades.²⁶

De particular importancia para la aparición de las formas modernas de la historia universal fue el desarrollo de técnicas de datación radiométrica que podría proporcionar un esqueleto cronológico firme para las historias del pasado lejano.²⁷ Cuando H.G. Wells intentó una historia universal justo después de la Primera Guerra Mundial, las primeras partes de su historia se debilitaron porque, como Wells admitió, todas sus fechas absolutas dependían de los registros escritos, por lo que no pudo proporcionar ninguna antes de la Primera Olimpiada (776 A.C.).²⁸ Los geólogos del siglo XIX habían aprendido cómo construir cronologías relativas mediante el estudio de la estratificación de rocas antiguas, pero nadie podía decir cuándo ocurrió la explosión del Cámbrico o cuándo se formó la Tierra.

Todo esto cambió con la aparición de las técnicas de datación radiométrica en la década de 1950. En 1953, Claire Paterson utilizó la vida media del uranio en meteoritos para determinar que la Tierra tenía 4.560 millones de años. Su fecha se mantiene hasta el día de hoy. Cuando Carr escribió en 1961, la datación radiométrica apenas comenzaba a transformar el pensamiento de los arqueólogos y prehistoriadores. En 1962, en la cueva Kenniff en S. Queensland,

26 Hay una buena descripción de las metodologías reales, en oposición a las idealizadas, de la ciencia moderna en John Ziman, *Real Science: Qué es y qué significa*. CUP, 2000.

27 Véase David Christian, "Historia, complejidad y revolución cronométrica", *Revista de Occidente*, abril de 2008, N° 323, 27-57, y David Christian, "Historia y ciencia después del Revolución cronométrica", en Steven J. Dick y Mark L. Lupisella, eds., *Cosmos & Culture: Evolución cultural en un contexto cósmico*, NASA, 2009, pp. 441-462.

28 H.G. Wells, *Outline of History: Being a Plain History of Life and Mankind*, 3rd ed., (New York: Macmillan), 1921, 1102.

John Mulvaney utilizó técnicas radiométricas para demostrar que los humanos habían vivido en Australia desde antes de la última edad de hielo, y en sus próximas décadas, como las primeras fechas para el asentamiento humano en Australia lo que sería correr la fecha entre 50.000 y quizás 60.000 años.²⁹ Como escribe Colin Renfrew:

... el desarrollo de métodos de datación radiométrica, ... permitió la construcción de una cronología para la prehistoria en cada parte del mundo. Era, además, una cronología libre de suposiciones sobre desarrollos culturales o relaciones, y podría aplicarse tanto a sociedades sin literatura como a aquellos con registros escritos. Ser prehistórico ya no significa ser ahistórico en un sentido cronológico.³⁰

Eventualmente, las técnicas radiométricas y otras técnicas de datación permitieron construir cronologías rigurosas que se remontaban a los orígenes del universo. Por primera vez, ahora es posible contar una historia universal basada en una cronología universal robusta.

Algunos de estos cambios simplemente se registraron en la colección de ensayos de David Cannadine. En el último capítulo de ese libro, Felipe Fernández-Armesto argumentó que la historia había ampliado su ámbito de aplicación, especialización por especialización, y ahora es necesario abrazar las ciencias naturales: "la historia ya no puede permanecer en uno de los campamentos de las 'dos culturas'. Los seres humanos son obviamente parte de la herencia animal"³¹ En 1998, el gran historiador mundial, William H. McNeill, argumentó que los historiadores necesitaban integrar la historia de la humanidad dentro de la historia de la biosfera e incluso del universo como un todo:

29 John Mulvaney y Johan Kamminga, *Prehistoria de Australia*, Sydney: Allen y Unwin, 1999, 1-2.

30 Colin Renfrew, *Prehistoria: La fabricación de la mente humana*, Londres: Weidenfeld y Nicolson, 2007, 41.

31 Cannadine, *¿qué es historia ahora?* pag. 153.

Aparentemente, los seres humanos pertenecen al universo y comparten su carácter inestable y de evolución. ...lo que sucede entre los seres humanos y lo que sucede entre las estrellas parece ser parte de una historia grande, que evoluciona con aparición espontánea de complejidad que genera nuevos tipos de comportamiento en todos los niveles de organización desde los quarks y leptones más diminutos hasta las galaxias, desde las largas cadenas de carbono hasta los organismos vivos y la biosfera, y desde la biosfera hasta los universos simbólicos de significado dentro del cual los seres humanos viven y trabajan, ...³²

En sus últimos años, McNeill se interesó cada vez más en la idea de la Gran Historia, viéndola como una extensión natural de su propia visión amplia de la historia. Fue, como su hijo, John, quien escribió: “lo que más le emocionó (aparte de mis nietos)”.³³

¿Qué es Big History?

Entonces, ¿qué es la Gran Historia?

En la parte final de este ensayo me gustaría explorar varias descripciones superpuestas de lo que es la Gran Historia y lo que podría ser. Estos son pensamientos personales, y algunos son especulativos. Pero espero que les pueda interesar incluso a aquellos que están menos persuadidos que yo. Y espero que puedan alentar una amplia discusión sobre la Gran Historia y su futuro. Mis pensamientos están organizados, vagamente, a lo largo de un espectro que va desde el final de la “verdad” de la dialéctica de la historia de Carr hacia el final de la “narración de historias”.

El objetivo de la Gran Historia, como la de todo buen conocimiento, es capacitarnos ayudándonos

³² William H. McNeill, “Historia y la cosmovisión científica”, *History and Theory*, 37, no. 1 (1998): 12-13.

³³ *Orígenes: Boletín de la Asociación Internacional de Big History*, 2016, VI.08, p. 7.

a comprender el mundo en el que vivimos. La Gran Historia nos fortalece al ayudarnos a comprender nuestro mundo. Al igual que todas las formas de la historia, la Gran Historia nos empodera principalmente mediante el mapeo del presente en el pasado, a fin de ayudarnos a comprender mejor cómo el mundo de hoy llegó a ser como es. Esta afirmación sobre el propósito de la historia supone una comprensión realista o naturalista del conocimiento. Como criaturas evolucionadas, interactuamos con nuestro entorno con cierto grado de éxito, y ese éxito presupone que nosotros (como todos los organismos vivos) podemos lograr una comprensión limitada pero real de nuestro entorno. Aunque consciente de los límites del conocimiento, la Gran Historia, como la ciencia en general, resiste formas extremas de escepticismo o relativismo. Se basa en los mismos fundamentos realistas y naturalistas que las buenas ciencias, y tiene el mismo objetivo final de empoderamiento.

La Gran Historia es universal. Pero si entender el pasado puede empoderarnos, ¿no deberíamos tratar de comprender *todo* el pasado? Lo que distingue a la Gran Historia más decisivamente de otras formas de estudios históricos, es su intento de comprender el pasado *como un todo*. Aspira a una comprensión universal de la historia. La Gran Historia no es hostil a áreas históricas especializadas. Por el contrario, es completamente dependiente de los ricos materiales generados por los especialistas. Pero trata de vincular los hallazgos de especialistas en una visión más amplia y unificadora, de la misma forma en que se pueden conectar millones de mapas locales para formar un mapa mundial único. Estos ambiciosos objetivos significan que la Gran Historia nada contra la marea de fragmentación intelectual que tanta literatura erigió en el siglo XX. La Gran Historia apunta a la consiliencia, a lo que Alexander von Humboldt una vez llamó el “frenesí loco ... de representar en una sola obra todo el mundo material”.³⁴

³⁴ Andrew Wulf, *La invención de la naturaleza: Las aventuras de Alexander von Humboldt, el héroe perdido de la ciencia*, Londres: John Murray, 2015.

Muchas consecuencias interesantes fluyen del ambicioso universalismo de la Gran Historia. Ella no reconoce barreras disciplinarias al conocimiento histórico. Supone la existencia de toda una gama de disciplinas orientadas históricamente, todas vinculadas por el mismo proyecto: el de reconstruir cómo nuestro mundo llegó a ser tal como es. De hecho, a menudo me pregunto si no veremos, en algún momento en el futuro, una reorganización de los campus universitarios, de modo que, en lugar de poner las ciencias en un extremo y las humanidades en el otro, se pueda encontrar una zona dedicada a “las ciencias históricas”, en las que puedes encontrar a astrónomos, geólogos, biólogos evolutivos, neurocientíficos e historiadores trabajando juntos.

Las aspiraciones universales de la Gran Historia significan que abarcará todas las áreas de conocimiento que han generado explicaciones plausibles, rigurosas y basadas en la evidencia del pasado, y cualquier disciplina cuyos conocimientos puedan iluminar el pasado. Esto significa que, en este momento, tiene sentido trazar una línea entre todo lo que sucedió justo después del big bang -un pasado que puede reconstruirse con montones de evidencias- y todo lo que precedió al big bang, territorio donde hay muchas cosas interesantes en cuanto a especulación, pero hasta el momento se trata de una historia tensa, no basada en la evidencia. Esto puede cambiar, por supuesto, en cuyo caso, la historia de la Gran Historia misma se expandirá para incorporar, tal vez, evidencia de un multiverso o de la teoría de cuerdas. Cambios similares pueden ocurrir en otras partes de la historia de la Gran Historia, mientras los biólogos exploran los orígenes de la vida en la Tierra o los astrónomos buscan vida alrededor de otros sistemas estelares, o cuando los neurocientíficos y psicólogos comienzan a controlar lo ‘duro’ en el tema de la conciencia.

Con estas calificaciones, la Gran Historia apunta a una comprensión integral de la historia, el equivalente intelectual de un mapa del mundo del pasado. Al igual que un mapa del mundo, la Gran Historia puede ayudarnos a ver no sólo las principales naciones y

océanos del pasado, sino también los vínculos y sinergias que conectan diferentes continentes académicos, regiones e islas en un único mundo del conocimiento. La amplia perspectiva de la Gran Historia también nos alienta a movernos entre múltiples escalas, desde las del universo mismo, a las de los humanos, a las de las células individuales, dentro de las cuales millones de reacciones precisamente calibradas ocurren cada segundo. La Gran Historia nos anima a conectar los puntos en el tiempo y el espacio, para buscar las sinergias que vinculan entidades, disciplinas y escalas dispares.

Al centrarse en las redes de ideas que vinculan las disciplinas, la Gran Historia puede ayudarnos a superar las formas más extremas del característico escepticismo de gran parte de la erudición del siglo XX, particularmente en humanidades. En manos de Durkheim, la idea de “anomia” se refería a la ausencia de un sentido claro de lugar o significado, una condición de falta de marco intelectual en el que el mundo mismo tenía poco sentido y los individuos podían sentirse lo suficientemente aislados como para contemplar el suicidio. La extrema fragmentación de la erudición del siglo XX permitió un gran progreso intelectual, disciplina por disciplina. Pero lo hizo a costa de aislar las disciplinas entre sí, y eso limitó las posibilidades tanto para una visión más amplia y unificadora como para la verificación de la verdad entre las disciplinas. Particularmente en las humanidades, el aislamiento intelectual generó formas académicas de anomia que minaban la confianza en cualquier reclamo para generar significado o para lograr una comprensión provisional de la realidad. El escepticismo posmoderno compartido por tantos eruditos en humanidades a finales del siglo XX fue un correctivo útil para las formas de positivismo demasiado confiadas en sí mismas. Pero, cuando se lleva a los extremos, creó un sentido fragmentado de la realidad que podría ser profundamente desautorizador, tanto intelectual como éticamente.

La Gran Historia vuelve, con la debida modestia científica, al antiguo proyecto de intentar ensamblar

mapas unificados de la realidad. Al romper las divisiones entre disciplinas, la Gran Historia puede ayudar a restablecer una relación más equilibrada entre la erudición especializada y las grandes ideas paradigmáticas.

La Gran Historia es colaborativa y colectiva. La Gran Historia está siendo ensamblada, como un vasto mosaico, utilizando fichas de diferentes países, épocas y disciplinas académicas. Toda su área es colaborativa. Pero el extraordinario rango de la Gran Historia pone a la colaboración en el corazón de la nueva disciplina. Una buena historia de la Gran Historia no será el producto de mentes eruditas individuales, sino la creación conjunta de miles, quizás millones, de mentes diferentes.

La colaboración académica extrema requerida para escribir una Gran Historia debería alentar una reconsideración de lo que queremos decir con experiencia. La especialización alentó la idea de que, si se reducía el campo de investigación lo suficiente, los académicos individuales podrían lograr el dominio total de un campo. Se convirtieron en expertos. Este punto de vista siempre fue ingenuo porque incluso el mejor de los expertos recurrió a percepciones y paradigmas fuera de sus campos de experiencia. Pero la amplitud extraordinaria de la Gran Historia significa que, si bien se basará en las percepciones de los expertos, también requerirá muchas otras habilidades académicas, no todas las cuales se valoran en el mundo fragmentado del conocimiento actual. La Gran Historia requiere, sobre todo, una habilidad para comprender y luego vincular la erudición de muchos estudiosos de diferentes disciplinas. Exige amplitud tanto como profundidad. Requiere un ojo agudo para sinergias inesperadas entre disciplinas. Y requiere la capacidad de sintonizar las diferentes frecuencias intelectuales de múltiples disciplinas. Los grandes historiadores tendrán que ser traductores interdisciplinarios, sensibles a los matices sutiles en la forma en que las diferentes disciplinas usan conceptos, palabras y métodos similares. Y también harán preguntas profundas interdisciplinarias. ¿Puede

la idea de entropía, que juega un papel tan poderoso en la física, iluminar nuestra comprensión de la historia humana? ¿Pueden las máquinas moleculares de nivel atómico que exploran hoy los nanobiólogos sugerir nuevas formas de gestionar los flujos de energía en el mundo actual?³³ ¿Existen mecanismos universales (quizás alguna forma de darwinismo universal) que expliquen la aparición de entidades cada vez más complejas a pesar de la segunda ley de la termodinámica?³⁵

Al centrarse no sólo en los órganos individuales de la erudición moderna, sino también en los tejidos que los conectan, la Gran Historia puede proporcionar un nuevo tipo de marco para el pensamiento e investigación interdisciplinarios. Los investigadores que estén familiarizados con el mapa del pasado de la Gran Historia natural buscarán naturalmente ideas y métodos útiles que van más allá de sus propias disciplinas especializadas. La investigación transdisciplinaria cobrará especial importancia a medida que más y más problemas, desde el cambio climático hasta el estudio del cáncer o las crisis financieras, comiencen a depender no de la investigación dentro de una sola disciplina, sino de la combinación de hallazgos y conocimientos de múltiples disciplinas. De hecho, el éxito mismo de la investigación dentro de las disciplinas explica por qué ahora hay cada vez más problemas interesantes e importantes entre las disciplinas. A medida que la investigación interdisciplinaria se vuelve cada vez más importante, la Gran Historia puede ofrecer un nuevo modelo de buena investigación, que se centre en la amplitud del conocimiento y un buen ojo para las sinergias interdisciplinarias inesperadas.

La joven disciplina de la Gran Historia también

35 Peter Hoffmann, *Life's Ratchet*, es una exploración maravillosa de cómo las máquinas moleculares explotan la "tormenta molecular" creada por la energía aleatoria de las moléculas individuales para impulsar la química de las células; y por qué hacerlo no infringe la segunda ley de la termodinámica porque depende de fuentes adicionales de energía libre, principalmente suministradas por la molécula de la batería, el ATP.

ha demostrado que la colaboración intelectual es una característica distintiva de nuestra especie, *homo sapiens*. Aunque muchas características evolutivas nos definen como una especie, nuestra creatividad tecnológica parece haber sido asegurada por la evolución de una forma de lenguaje particularmente poderosa, que nos permite intercambiar ideas y percepciones con tanta precisión y en tal volumen que comienzan a acumularse en la memoria colectiva. No conocemos otras especies en las que el conocimiento aprendido se acumule a través de múltiples generaciones para que las generaciones posteriores conozcan, no sólo cosas diferentes, sino más cosas que las generaciones anteriores. Y esta diferencia ha demostrado ser transformadora. El intercambio de información aprendida entre millones de personas en múltiples generaciones explica nuestro creciente control sobre los recursos y los flujos de energía de la biosfera. Esta tendencia sostenida ha formado gran parte de la historia humana, y ha culminado hoy en hacernos la fuerza más poderosa para el cambio en la biosfera. En mi propio trabajo, describí esta capacidad para compartir y acumular información como “aprendizaje colectivo”. Nos ha dado a los humanos no sólo un mayor control sobre los flujos de energía y recursos a través del medio ambiente, sino también una mayor comprensión del mundo y el universo que habitamos. La ciencia moderna, así como las religiones y literaturas modernas, son todas creaciones de millones de individuos que trabajan en redes de conocimiento compartidas.

Mi convicción personal es que la idea de “aprendizaje colectivo” ofrece una idea paradigmática que puede enmarcar nuestra comprensión de la historia humana y de la naturaleza distintiva de nuestra propia especie. La historia humana está impulsada por el aprendizaje colectivo, del mismo modo que la historia de los organismos vivos está impulsada por la selección natural. Si esta idea es ampliamente correcta, ilustra la capacidad de la Gran Historia para aclarar problemas profundos al ayudarnos a verlos en un contexto excepcionalmente amplio, como parte del “mapa

mundial” del conocimiento moderno.³⁶

La Gran Historia es una historia. Hasta ahora, he discutido la naturaleza de las afirmaciones de verdad que pueden hacerse a partir de la Gran Historia y su capacidad para sinergizar la investigación colaborativa e interdisciplinaria. Pero, por supuesto, la Gran Historia también cuenta una historia. Surge, como Carr escribió de toda la historia, de “un diálogo interminable entre el presente y el pasado”. Sus dos polos son el pasado como un todo, y los historiadores que ven ese pasado desde un punto de vista particular en el presente. Como la historia en general, la Gran Historia es en gran medida un producto de los historiadores que están construyendo la Gran Historia. Eso significa, por supuesto, que la Gran Historia está evolucionando y evolucionando, como todas las historias, según lo cuentan los diferentes escrutadores, escribiendo en diferentes contextos y con diferentes preocupaciones.

La Gran Historia es una historia de origen. Pero debido a sus ambiciones universalistas, la Gran Historia no es sólo otra historia sobre el pasado. Sus ambiciones universales significan que la Gran Historia comparte mucho con las historias de origen tradicionales. Hasta donde sabemos, todas las comunidades humanas han tratado de construir informes unificados de los orígenes de todo lo que nos rodea. Este es el sentido en el que usaré la idea de “historias de origen”. Las historias de origen intentan mantenerse unidas y transmiten todo lo que se conoce en una comunidad determinada sobre cómo nuestro mundo llegó a ser como es. Son extraordinariamente poderosos si se les cree, si suenan fieles a los que los escuchan y los repiten, si estamos hablando de comunidades agrícolas del mundo paleolítico, o las grandes tradiciones filosóficas y religiosas de las principales civilizaciones mundiales, desde el confucianismo hasta el budismo, pasando por las tradiciones del mundo azteca, del cristianismo y el islam. También son poderosos porque son

36 On the idea of a Noösphere, see David Christian, “The Noösphere,” (January 2017) on <https://www.edge.org/>, 2017 *Annual Question*

compartidas por la mayoría de los miembros de una comunidad determinada, que aprenden los rudimentos de sus historias de origen cuando eran niños, y luego internalizan esas historias en el transcurso de muchos años de educación, con mayor detalle y sofisticación. Hasta donde sabemos, las historias de origen se pueden encontrar en el centro de todas las formas de educación. Han proporcionado conocimiento fundamental en seminarios y universidades, y también en las ricas tradiciones orales transmitidas por los ancianos en todas las comunidades agrícolas.

A la luz de esta discusión, es evidente que la noción de “anomia” de Durkheim también puede entenderse como el estado de ánimo de quienes carecen de acceso a una historia de origen creíble, rica y autorizada. La anomia intelectual es un estado de ausencia de mapas y sin sentido. Curiosamente, es el estado intelectual el que se convirtió en la norma en el siglo XX, ya que la globalización y la ciencia moderna maltrataron la confianza en las historias de origen tradicional, tanto en los centros metropolitanos del mundo como en sus márgenes coloniales. En todas partes, los sistemas educativos seculares modernos dejaron de enseñar dentro de tradiciones compartidas de conocimiento fundacional.

Algunos encontraron la decadencia de las historias de origen tradicional estimulantes y liberadoras, y se glorificaron en las perspectivas múltiples y flotantes de un mundo sin una historia de origen compartida. Pero muchos, tanto en el mundo colonial como en el corazón metropolitano, experimentaron y continúan experimentando un profundo sentimiento de pérdida. Hoy estamos tan acostumbrados a un mundo sin ideas universales (particularmente en Humanidades), que es fácil olvidar lo doloroso que es perder el sentido de coherencia intelectual que acompaña a la confianza en una historia de origen. Pero la sensación de pérdida es evidente en gran parte de la literatura, la filosofía y el arte de finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Aquí hay sólo dos ejemplos, más o menos aleatorios, de lo que quiero decir. En su poema de 1851, “Dover Beach”, Matthew Arnold escribe:

El Mar de la Fe
Estaba una vez, también, envolviendo toda
la orilla de la tierra
Como acostada en los pliegues de una faja
brillante enrollada.
Pero ahora sólo escucho
Su melancólico, largo y abrupto rugido
Retirándose, a la respiración
Del viento nocturno, por los vastos bordes
Y las tejas desnudas del mundo.

El poema continúa con una aterradora visión de un futuro dislocado:

Ah, amor, seamos reales
¡el uno al otro! para el mundo, que parece
Para mentirnos como una tierra de sueños,
Tan variados, tan hermosos, tan nuevos,
Realmente no tiene alegría, ni amor, ni luz,
Ni certeza, ni paz, ni ayuda para el dolor;
Y estamos aquí como en una llanura
oscura
Barrido con alarmas confusas de lucha y
vuelo,
Donde los ejércitos ignorantes se enfrentan
por la noche.

“La segunda venida” de W.B. Yeats fue escrita en 1919, justo después de que la Primera Guerra y pareciera ilustrar la inquietante visión del futuro de Arnold.

Girando y girando en el giro ensanchado
El halcón no puede oír al cetrero;
Las cosas se desmoronan; el centro no
puede sostenerse;
La mera anarquía se desata sobre el
mundo,
La marea atenuada por la sangre se desata
y en todas partes
La ceremonia de la inocencia está
ahogada;

El poema termina con una imagen inquietante y aterradora:

Qué áspera bestia, su hora llegó por fin,
¿Te arrastras hacia Belén para nacer?

La especialización y la pérdida de las narrativas unificadoras tradicionales eran sintomáticas del mundo caótico e incoherente descrito en tanta literatura, arte y filosofía del siglo XX. De hecho, a menudo se ha supuesto que este mundo de disciplinas y perspectivas aisladas, incluso inconmensurables, es característico de la modernidad en general. El mundo moderno armó pueblos, culturas, religiones y tradiciones de manera tan violenta que creó una creciente sensación de humanidad única, al mismo tiempo que socavaba la confianza en las visiones unificadoras tradicionales del mundo. En el Manifiesto Comunista, leemos que, en la era burguesa de la historia humana: “Todas las relaciones fijas, congeladas rápidamente, con su tren de antiguos y venerables prejuicios y opiniones, son barridas, todas las formas nuevas se vuelven anticuadas antes de que ellas puedan osificarse. Todo lo que es sólido se derrite en el aire, todo lo que es santo es profanado ... “. En un libro sobre modernidad que toma su título de este pasaje, Marshall Berman escribe que el mundo moderno ha creado: “una unidad paradójica, una unidad de desunión; nos arroja a todos en una vorágine de perpetua desintegración y renovación, de lucha y contradicción, de ambigüedad y angustia. Ser moderno es ser parte de un universo en el que, como dijo Marx: ‘todo lo sólido se derrite en el aire’”.³⁷

Pero una interpretación diferente también es posible. Tal vez durante gran parte del siglo XX, hemos vivido en una especie de sitio de construcción intelectual, rodeado por los restos de historias de origen más antiguas, mientras que una nueva historia de origen se estaba construyendo a nuestro alrededor, una historia para la humanidad en general. La mejor evidencia para esta idea es la reaparición de historias

³⁷ Marshall Berman, *Todo lo que es sólido se funde en el aire: la experiencia de la modernidad*, Nueva York: Penguin, 1988 [1º publicado en 1982], p. 15.

unificadoras en los últimos cincuenta años. Visto desde esta perspectiva, la Gran Historia es el proyecto para de tratar de desentrañar y construir una historia de origen moderna y global.

La Gran Historia es una historia de origen para la Era del Antropoceno. Tal vez, entonces, podamos pensar en la Gran Historia como una historia de origen para el mundo muy extraño del siglo XXI. La Gran Historia se basa en los logros intelectuales de la ciencia moderna en el siglo XX, pero también es el producto de un mundo globalizado. Este es un mundo radicalmente diferente al de E.H. Carr. El conocimiento científico ha avanzado más rápido de lo que podría haber imaginado, y las nuevas tecnologías como internet han creado un mundo mucho más entrelazado que el que él conocía. Pero quizás los cambios más importantes surgen de la gran aceleración, el asombroso aumento en el número de humanos, el uso de energía humana, el control humano sobre el medio ambiente y la interconexión humana, en los sesenta años transcurridos desde la publicación de Carr. En ese breve período, los seres humanos nos hemos convertido colectivamente en la fuerza individual más importante para el cambio en la biosfera, la primera especie única que desempeña ese papel en la historia de la vida en 4 mil millones de años en la Tierra. Ese es un resultado que Carr no pudo haber imaginado en 1961. Estos cambios espectaculares significan que las preguntas sobre la naturaleza y la fuente del asombroso poder ejercido colectivamente por 7 mil millones de seres humanos son mucho más grandes que en la época de Carr. En este sentido, la Gran Historia puede considerarse como una historia de origen para la Era Antropocénica de la historia humana.

Necesitaremos la gran escala de la Gran Historia para ver al Antropoceno claramente, porque no es sólo un punto de inflexión en la historia mundial moderna, sino un umbral significativo dentro de la historia humana en su conjunto, e incluso en la historia de la biosfera. La mayoría de las investigaciones históricas contemporáneas estudia los últimos 500 años. El peligro de esta perspectiva es que puede normalizar la historia reciente, haciendo que las

sociedades tecnológicas y económicamente dinámicas de los últimos siglos parezcan típicas de la historia humana en general. Pero no lo son. Su dinamismo es extraordinario y excepcional. La idea misma de historia, de cambio a largo plazo, es moderna y, como lo ha demostrado John McNeill, la escala del cambio en la era moderna, y particularmente desde mediados del siglo XX, es realmente “algo nuevo bajo el sol”.³⁸ Por el contrario, la mayoría de las personas en la mayoría de las sociedades humanas en los últimos 200,000 años vivieron vidas cuyas estructuras y sus alrededores parecían relativamente estables, porque el cambio fue tan lento que no se pudo observar en la escala de unas pocas generaciones.

Sólo dentro de las amplias escalas de la Gran Historia es posible ver claramente que la Era del Antropoceno es extraña no sólo en las escalas humanas, sino también en las de la historia del planeta tierra. Esta es quizás la razón por la cual, en un artículo reciente, un grupo de paleontólogos sugiere que la Era del Antropoceno cuenta como uno de los tres cambios más importantes en la historia de la biosfera, junto con la aparición de la vida, hace casi 4.000 millones de años, y la vida multicelular hace 600 millones de años.³⁹ Nunca antes una sola especie ha dominado el cambio en la biosfera, como lo hacemos los humanos hoy en día, y nunca antes ha dependido el futuro cercano como lo hace hoy, en las decisiones, percepciones y caprichos de una sola especie. Apreciar la extrañeza de la sociedad moderna es vital si queremos entenderlo lo suficientemente bien como para enfrentar los desafíos globales que plantea para el futuro cercano. Comprender qué tan extraño es el mundo de hoy también puede darnos una apreciación renovada de los conocimientos y la comprensión de nuestros antepasados, que mantuvieron a lo largo de muchos milenios una relación mucho más estable que las sociedades modernas con la biosfera en su

38 Para más información sobre estas afirmaciones, ver David Christian, “History and Time”, *Australian Journal of Politics and History*, Volumen 57, Número 3, 2011, pp. 353-365, y John McNeill, *Something New under the Sun*.

39 Mark Williams, Jan Zalasiewicz, et. al., “The Anthropocene Biosphere”, *The Anthropocene Review*. DOI: 10.1177/2053019615591020, 2015, 1-24.

conjunto.

La Gran Historia es la primera historia de origen para todos los humanos. Si la Gran Historia es una historia de origen, también es la primera historia de origen para la humanidad en general. Emergiendo como lo hace en un mundo profundamente interconectado, es la primera historia de origen construida por, y disponible para todos los seres humanos. Si bien las historias de origen tradicionales intentaron resumir el conocimiento de comunidades o regiones particulares o tradiciones culturales, esta es la primera historia de origen que intenta resumir el conocimiento acumulado de todas partes del mundo. Sólo eso sugiere la riqueza de la información y la asombrosa riqueza de detalles de una historia de origen moderna.

Las historias de origen tradicional proporcionaban una visión unificadora para comunidades particulares, destacando las ideas que compartían las diferentes personas, así como las historias nacionales modernas proporcionaban una visión unificadora para los estados nacionales a pesar de las diferencias internas de idioma, cultura, religión y etnia. De manera similar, la Gran Historia puede comenzar a proporcionar una visión unificadora para la humanidad como un todo, a pesar de las muchas diferencias entre regiones, naciones y tradiciones culturales. La construcción y diseminación de una historia de origen global puede ayudar a generar el sentido de unidad humana que se necesitará a medida que las sociedades humanas naveguen colectivamente a través de los desafíos globales de las próximas décadas. Aunque los tribalismos nacionales y culturales que dominaron el mundo de Carr todavía están muy presentes hoy en día, se habría sorprendido de ver, surgiendo junto a ellos, una historia de origen para la humanidad en su conjunto.

Tan interconectado es el mundo de hoy que la idea de una humanidad unificada con una historia propia, tiene una relevancia que carecía en la época de Carr, cuando las comunidades humanas más significativas parecían ser estados nacionales o regiones culturalmente cohesivas, como “Occidente” o el mundo musulmán, o las zonas dominadas por

grandes imperios tradicionales como China o la India. Hoy, un sentido de ciudadanía global, de pertenencia a la comunidad global de la humanidad, no es sólo una cuestión de precisión científica. (Genéricamente hablando, somos, después de todo, una especie notablemente homogénea, de modo que la categoría *homo sapiens* tiene una precisión científica que carece de la categoría de “ser humano chino” o “ser humano estadounidense”). La conciencia de lo que comparten todos los humanos cada vez más, es una cuestión de autopreservación, particularmente en un mundo con armas nucleares. E.H. Carr escribió “¿Qué es la historia?” Un año antes de la crisis de los misiles en Cuba, cuando, según el presidente Kennedy, las probabilidades de una guerra nuclear total eran “uno de cada tres”.⁴⁰

El intento de H. G. Wells de escribir una historia universal en 1919, cuando los horrores de la Primera Gran Guerra aún vivían en su mente, fue impulsado por una fuerza similar. La paz, argumentó, requería nuevas formas de pensar. Requería ideas históricas comunes. Sin tales ideas para mantenerse juntos en una cooperación armoniosa, frente a tradiciones nacionalistas estrechas, egoístas y conflictivas, las razas y los pueblos están destinados a derivar al conflicto y la destrucción. Esta verdad, que fue evidente para ese gran filósofo Kant hace un siglo o más. . . ahora es claro para el hombre en la calle.⁴¹

Más recientemente, el gran historiador estadounidense mundial, William McNeill, ha destacado con igual elocuencia:

La humanidad en su conjunto posee una característica común que los historiadores pueden esperar comprender tan firmemente cuando puedan comprender lo que une a cualquier grupo menor. En lugar de intensificar los conflictos, como lo hace inevitablemente la historiografía local,

40 Zelikow, P. y Graham Allison. 1999. *Essence of Decision: Explaining the Missile Crisis*, 2nd ed., Longman, p. 271.

41 Wells, H.G. 1991. *Esquema de la Historia*, 3.a ed., 1921, vi.

cabe esperar que una historia mundial inteligible disminuya la letalidad de los encuentros grupales cultivando un sentido de identificación individual con los triunfos y las tribulaciones de la humanidad en su conjunto. Esto, de hecho, me parece el deber moral de la profesión histórica en nuestro tiempo. Necesitamos desarrollar una historia ecuménica, con mucho espacio para la diversidad humana en toda su complejidad.⁴²

Como Wells entendió, una historia universal es el vehículo natural para una historia unificada de la humanidad, porque, a diferencia de las historias nacionales, la Gran Historia primero encuentra a los humanos no como tribus enfrentadas, sino como una sola especie. Y es una historia que ahora, con creciente precisión y confianza, puede ayudarnos a comprender el lugar de nuestra especie no sólo en el pasado reciente, sino en la historia de la biosfera y del universo entero.

42 William H. McNeill, “Mythistory, o Verdad, mito, historia e historiadores”, *The American Historical Review*, vol. 91, No. 1, (febrero de 1986), pp. 1-10, p. 7.

Notas al Final

1. Jean Bodin, siglo XVI, citado de Craig Benjamin “Beginnings and Endings”, en Marnie Hughes-Warrington, ed., Palgrave *Advances in World Histories*, p. 95
2. E.O. Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge*, Londres: Abacus, 1998
3. Carr, *¿qué es historia?* Penguin, 1964, 1er publicado en 1961, y entregado en 1961 como George Macaulay Trevelyan Lectures, Cambridge, 7
4. Carr, *¿qué es historia?* P. 150
5. Sobre Humboldt como gran historiador antes de su tiempo, ver Fred Spier, *Big History and the Future of Humanity*, 2nd ed., Malden, Mass.: Wiley Blackwell, 2015, pp. 18-21, y Andrea Wulf, *The Invention of Alexander von Humboldt, el héroe de la ciencia perdido*, Londres: John Murray, 2015.
6. La distinción entre paradigma y disciplinas previas al paradigma fue introducida por un libro cuya primera edición apareció en 1962, solo un año después del libro de Carr: Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed., Chicago: University of Chicago Press 1970
7. Carr, *¿qué es historia?* pag. 7-8
8. C. P. Snow, *Las dos culturas y la revolución científica* (Cambridge, 1959)
9. Carr, *¿qué es historia?* pag. 32
10. Carr, *¿qué es historia?* pag. 26
11. Carr, *¿qué es historia?* pag. 84
12. Carr, *¿qué es historia?* pag. 23
13. Carr, *¿Qué es la historia?* pag. 24
14. El trabajo de Collingwood, al igual que el de Carr, era una opción básica para los graduados de mi generación. Su obra más importante fue R. G. Collingwood, *The Idea of History*, rev. ed., ed. Jan Van der Dussen (Oxford y Nueva York: Oxford University Press, 1994)
15. citado de Robert C. Tucker, ed., *The Marx-Engels Reader*, 2nd ed. (Nueva York y Londres: W.W. Norton & Co., 1978), 595
16. Carr, *¿qué es historia?* pag. 30
17. David Cannadine, ed., *¿Qué es historia ahora?* Basingstoke: Palgrave / Macmillan, 2002
18. Jean-François Lyotard, *La condición posmoderna: un informe sobre el conocimiento*, transl. Geoff Bennington y Brian Massumi (Minneapolis: Universidad de Minnesota Press, 1984)
19. Un ejemplo interesante es *The History Manifesto*, de Jo Guldi y David Armitage, Cambridge: CUP, 2014, que ofrece una crítica agresiva del cortoplacismo en la literatura histórica contemporánea.
20. Cannadine, ed., *¿Qué es historia ahora?* pag. 149
21. Esta sección resume y agrega argumentos que presenté en “El retorno de la historia universal”.
22. Erwin Schrödinger, *¿Qué es la vida?* CUP, 2000, p. 1 [primer publ. 1944]; Schrodinger también era muy consciente de las barreras que la especialización ponía en el camino de tales ambiciones
23. Carr, *¿Qué es historia?* pag. 57
24. La serie de televisión de Carl Sagan, *Cosmos*, se emitió por primera vez en 1980; *Cosmos*, tierra y hombre de Preston Cloud: una breve historia del universo, New Haven: Yale University Press, se publicó justo dos años antes, en 1978
25. Hay una buena descripción de las metodologías reales, en oposición a las idealizadas, de la ciencia moderna en John Ziman, *Real Science: Qué es y qué significa*. CUP, 2000
26. Véase David Christian, “Historia, complejidad y revolución cronométrica”, *Revista de Occidente*, abril de 2008, N° 323, 27-57, y David Christian, “Historia y ciencia después del Revolución cronométrica”, en Steven J. Dick y Mark L. Lupisella, eds., *Cosmos & Culture: Evolución cultural en un contexto cósmico*, NASA, 2009, pp. 441-462
27. John Mulvaney y Johan Kamminga, *Prehistoria de Australia*, Sydney: Allen y Unwin, 1999, 1-2
28. Colin Renfrew, *Prehistoria: La fabricación de la mente humana*, Londres: Weidenfeld y Nicolson,

2007, 41

29. Cannadine, *¿qué es historia ahora?* pag. 153
30. William H. McNeill, “Historia y la cosmovisión científica”, *History and Theory*, 37, no. 1 (1998): 12-13
31. *Orígenes: Boletín de la Asociación Internacional de Big History*, 2016, VI.08, p. 7
32. Andrew Wulf, *La invención de la naturaleza: Las aventuras de Alexander von Humboldt, el héroe perdido de la ciencia*, Londres: John Murray, 2015, p.
33. Peter Hoffmann, *Life's Ratchet*, es una exploración maravillosa de cómo las máquinas moleculares explotan la “tormenta molecular” creada por la energía aleatoria de las moléculas individuales para impulsar la química de las células; y por qué hacerlo no infringe la segunda ley de la termodinámica porque depende de fuentes adicionales de energía libre, principalmente suministradas por la molécula de la batería, el ATP.
34. Marshall Berman, *Todo lo que es sólido se funde en el aire: la experiencia de la modernidad*, Nueva York: Penguin, 1988 [1º publicado en 1982], p. 15
35. Para más información sobre estas afirmaciones, ver David Christian, “History and Time”, *Australian Journal of Politics and History*, Volumen 57, Número 3, 2011, pp. 353-365, y John McNeill, *Something New under the Sun*,
36. Mark Williams, Jan Zalasiewicz, et. al., “The Anthropocene Biosphere”, 2015, 1-24
37. Zelikow, P. y Graham Allison. 1999. *Essence of Decision: Explaining the Missile Crisis*, 2nd ed., Longman, p.271
38. Wells, H.G. 1991. *Esquema de la Historia*, 3.a ed., 1921, vi
39. William H. McNeill, “Mythistory, o Verdad, mito, historia e historiadores”, *The American Historical Review*, vol. 91, No. 1, (febrero de 1986), pp. 1-10, p. 7

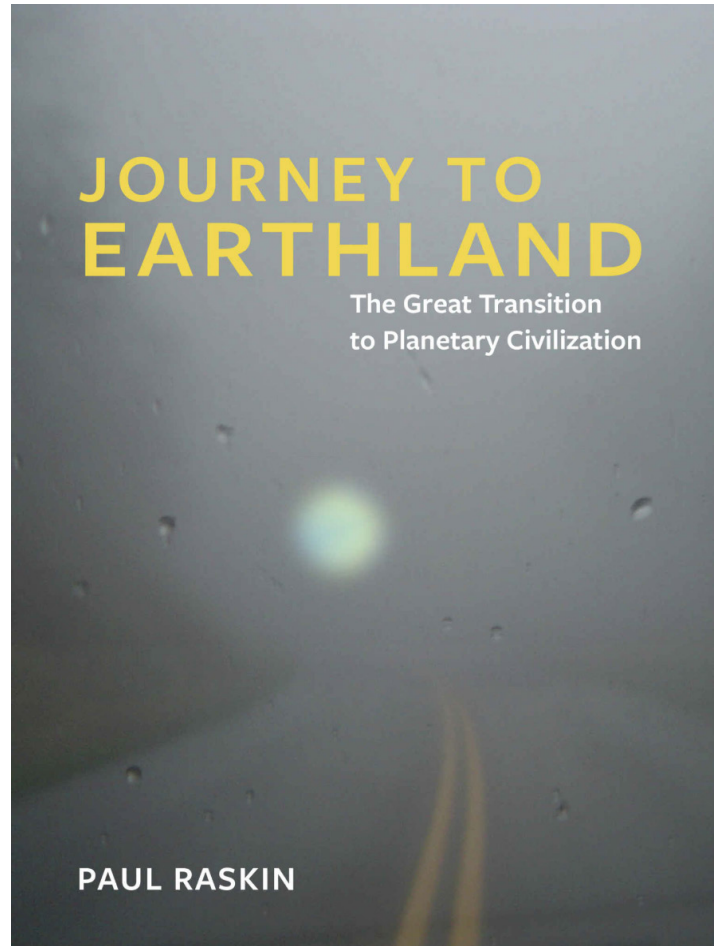
Review of
Paul Raskin, Journey to Earthland:
The Great Transition to Planetary Civilization,

Boston: Tellus Institute, 2016, ISBN: 978-0-9978376-0-5,

by David Christian, Macquarie University

Without much planning or foresight, humanity has embarked on a momentous and potentially dangerous journey, as we have become the first species in the 4-billion-year history of planet earth to dominate change on planet earth. As Paul Raskin writes: “We are bound together on a precarious passage to a land unknown and unnamed.” [1] Do we really understand what we are doing or why, and do we have any real idea where we are headed? Many possible destinations are not good. The voyage could lead to barbaric wars, to ecological, social and moral degradation, and even, perhaps, to extinction. And if our voyage ends badly so will the voyages of many other species. That’s why it’s desperately important that we have a clearer sense of where we would like to end up. We need a sketch map of our journey, and that is what Paul Raskin offers us in *Journey to Earthland*. His map shows the paths we need to avoid, but also points us towards destinations that look good both for us and our descendants, both human and non-human. Indeed, its third section offers a wonderful sketch of a flourishing future world that we hope is somewhere not too far ahead of us. As Raskin insists, hope itself is an important virtue on such a dangerous journey.

Big historians will welcome Raskin’s argument that we are unlikely to find the guidance we need if we persist in “looking through narrow apertures ... [in a] world, awash in specialized reports.” What we will need, instead, is a world whose educational institutions help us link specialized knowledge within “big systems, big ideas, and big history, thereby connecting cosmology and social history to the understanding of the contemporary condition and underscoring the problem of the future.” [99] This is why *Journey to Earthland* begins with a brief telling of the big history story. After all, knowing where you are is one key to good navigation. [99] Paul Raskin’s own career has



long been dedicated to broad, holistic thinking. Trained as a physicist and a philosopher, he eventually left the academy in the 1970s, appalled by the Cold War’s flirtation with catastrophe. In 1976, he founded the Tellus Institute to conduct trans-disciplinary research on the complex, dangerous and unpredictable journey to which humanity is now committed.

Journey to Earthland summarizes the results of a lifetime’s thinking about the human journey and its destination. “*Earthland*” itself represents the linked and inter-dependent trans-national community of

humans that is emerging today, though still hard to see clearly. Raskin insists that the global level of integration is new and of vast significance, because it is this ramshackle global community, with its outdated “zombie ideologies” of consumerism, chauvinism and never-ending growth [21] and its inner inequalities, tensions and conflicts, that will take the crucial navigational decisions in the near future. “The world-as-a-whole becomes a primary arena for the contending forms of consciousness that will determine whether the Planetary Phase will be an era of social evolution or devolution, environmental restoration or degradation.” [19]

“Departure”, the first part of Raskin’s book, explores today’s world and the forces that will shape the near future. The major forces for change—corporations, governments, armies, ideologies, and the networks that flourish in their interstices—have all arisen within a fragmented world. None seem capable of navigating or speaking for *Earthland* as a whole. [31] Can we hope for the rise of new transformative forces that *can* speak for humanity as a whole, perhaps a “Global Citizens’ Movement” of some kind, formed from spontaneous movements for change, and the many transnational organizations that already work towards a more just and egalitarian world? [32,33]

“Pathway”, the second part of the book, describes a world in which the technological possibilities seem vast, but the political technologies are missing. That world has many possible futures that Paul Raskin groups within three main pathways: Barbarization, Conventional Worlds, and Great Transitions. The bleakest pathways lead to a barbaric, totalitarian world of rich fortress zones that use military and technological power to keep at bay impoverished global majorities; even bleaker scenarios follow that world towards breakdown and catastrophe. Conventional World scenarios are messier, shaped by a chaotic muddling through, dominated by market forces that can never really solve the fundamental problem of increasing

consumption in a world of limited resources. The most optimistic scenarios envisage a “Great Transition” that begins with growing pressure towards fundamental change, driven, perhaps, by emerging “Global Citizens’ Movements” and governmental initiatives that strengthen already apparent trends. The slowing of population growth in most affluent countries, if extended to most of the world, could stabilize and eventually cut population growth. And the waste present in modern capitalist economies means there is plenty of fat that could be cut from modern economies, perhaps from military or advertising budgets or from the most egregious forms of consumerism. And many of the technologies we will need are already here or in the making. Raskin argues that there are many trends, visible today, which, if maintained, could lead towards a sustainable future. To support those trends, though, we will need greater clarity about the future and a growing sense of global citizenship, the global equivalent of the sense of national citizenship that shaped most peoples’ identities in today’s world. In an increasingly inter-dependent world, will it be that much harder to imagine a global community than it was to imagine the multi-million communities of modern nation states?

In my view, Part 3 of *Journey to Earthland*, is the most successful and powerful part of the book. It is called “Destination”, and it imagines a complex journey that arrives at a good destination. It is written as an imaginary history of the hundred years from 1984 to 2084. Significant change begins with the formation of a Global Citizens Movement in 2021, whose power grows during a period of global crisis in the mid 2020s. For some 20 years, the global citizens’ movement collaborates with governments that work hesitantly towards greater sustainability. But in the 2040s the alliance breaks down, conservative forces rally, and there is a period of conflict out of which there arises a new *Commonwealth of Earthland* in 2048. Once established this pushes for more radical reforms. By the late 2050s, “The revolutionary turn

toward planetary civilization was in full swing.” [75]

Though far from perfect, the world that begins to be constructed at this point is rich in promise. Values shift profoundly, stressing the quality of life over consumption and economic growth, stressing the importance of equality and sufficiency, an ethos of “enough for all”, and “enough is enough”. The idea of global citizenship begins to seem as normal as that of national citizenship had seemed in the late twentieth century. And, like traditional nationalisms, the idea of global citizenship turns out to be compatible with vast regional and cultural diversity, and distinct patterns of social and economic organization. Some regions are organized, like most twentieth century societies, around markets, though with regulations that steer market activity towards sustainable and socially productive goals. Other regions are more collectivist in their attitudes to economics, and some consist largely of small, self-sufficient communities. But in all communities, the idea of ecocentrism, the idea that we must live *with* the biosphere rather than in opposition to it, begins to seem obvious and natural, and with the global support of GAIA, the “Global Assembly for Integrated Action”, much of the ecological damage of the past is slowly undone. A drastic reduction in wasteful expenditure, including military expenditure and advertising, means that global levels of material welfare rise above those of the late twentieth century, and material wealth is spread much more equally: “in

a typical region, the highest earning 10 percent have incomes three to five times greater than the poorest 10 percent.” [103] Global populations stabilize at about 8 billion, Universal health care and education and guaranteed levels of material security begin to seem normal, and most people work less hard than in the past. They are “time affluent”. And they live in a world in which optimism about the future has largely replaced the dystopian fears of the late twentieth century.

A utopian vision? Perhaps. But we have no good reasons for ruling out such futures, and we already have many of the technological and intellectual resources needed to build a better world. Besides, as Raskin argues so persuasively, imagining a better world as vividly as we can is itself a vital step towards building a better future for our descendants. “The vision of an organic planetary civilization lies before us as possibility and exigency. We may never reach that distant shore, but what matters most is imagining its contours and traveling in its direction.” [113]

Alan Rutherford

A Brief History of Everyone Who Ever Lived
The Human Story Told Through Our Genes

New York: The Experiment, 2017

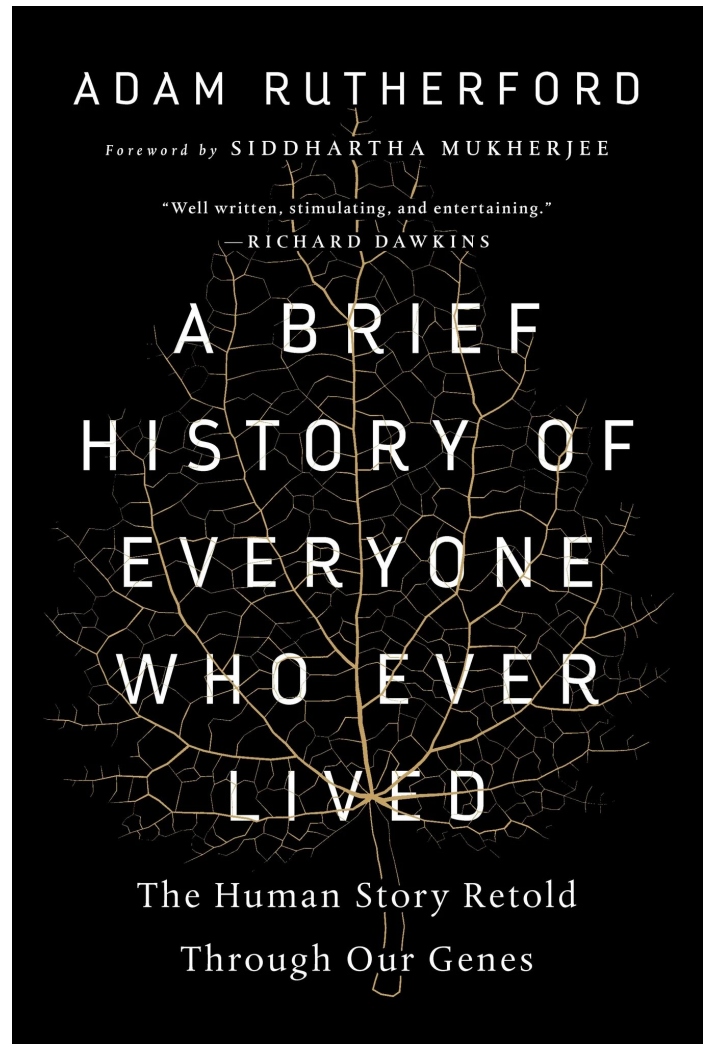
401 pages

**Genes, Ancestry, and
Prehistoric Sexual Politics**

Barry Wood
University of Houston

In the past dozen years all the sciences relevant to Big History have advanced, with striking discoveries in astronomy, geology, biology, and anthropology. Since the ponderous sequencing of the human genome, completed in 2001, genetics has rushed ahead even faster. Referring to the rapidity of sequencing today, the growing data bank of genetic analyses, and the astonishing success of sequencing 50,000-year old DNA from Neanderthals and Denisovans, Adam Rutherford—a former editor of the British journal *Nature* who is fully aware of the progress of genetics—describes the growth of genetic science and data as “breathtaking.” Accordingly, he has authored *A Brief History of Everyone Who Has Ever Lived*, a chapter in the Grand Narrative begging to be brought up to date. Working strictly with what we have learned from genetics, Rutherford lays out the history of modern humans over the past 100,000 years, thus building on the background of a century of fossil discoveries. The result is an invigorating read, difficult at times, but enlightening in its clarification of mistaken assumptions about genetics in popular thinking.

We can imagine several roads to our evolutionary past. We can start with morphology, the gradation between earlier and later creatures that first led biologists to the idea of evolution. A version of this might be tracing the skeleton from mammals through amphibians, reptiles and fish to its first appearance as a notochord in *Pikaia* more than 500 million years ago. Adam Rutherford



outlines the much longer route through “apes and monkeys . . . ratty mammals . . . wading sea creatures . . . worms and weedy sea plants” to our most ancient ancestor “locked in a rock at the bottom of the oceans, inside the hot bubbling tumult of a hydrothermal vent.” The unifying thread of this four-billion-year narrative is genes, more precisely, the DNA that assures a kind of immortality to the stream of life. Early segments of that journey have been explored by others—Matt Ridley, Lynn Margulis, Frank Ryan. Rutherford has

his hands full unpacking the most recent episode in the history of *Homo sapiens*.

Genealogy as it is popularly practiced follows limited and tenuous data. People identify themselves by regional or national origins: they have an English background or Mexican heritage. Genealogical hobbyists in search of long-term continuity are tracking surnames, a linguistic activity dependent on reliable recording of paternal identity—and paternal continuity gets the most attention. But, Rutherford points out the oversimplification: we have two parents, four grandparents, eight great-parents, doubling with each generation. Thirty generations back, around the year 1450, our 500 million ancestors equal the world's population at the time, which has already verged on the impossible; forty generations back, about the time of William the Conqueror in the eleventh century, the mathematics of forty doublings indicates our ancestors must number more than 2 trillion, twenty times the estimated 100 billion *Homo sapiens* who have ever lived. Clearly, this is impossible: every ancestor must appear on multiple ancestral lines. Our imaginary family tree cannot capture this complexity. "Pedigrees begin to fold in on themselves a few generations back, and become less arboreal, and more a mesh or weblike. You can be, and in fact are descended from the same individual many times over." An English background or Mexican heritage disappears in a vast prehistoric web, a modern version of Indra's net, illustrated in the interlaced background of Rutherford's book cover. Genetic pathways leap borders and mountains and the barriers of oceans. Idealized pedigrees disappear into the history of all previous human life. We are virtually descended from everyone. Take your pick: Charlemagne, Cicero, Cleopatra. They are your ancestors. This is not a paternizing fantasy but a statistical certainty.

Rutherford's *Brief History* attempts to bring order to this tangled web. The ponderous sequencing of the human genome completed in 2001, which he meticulously explains, took years to accomplish; the result was what he calls "the most wondrous map

ever produced by humankind." Today we have a data base of hundreds of fully sequenced and thousands of partially sequenced human genomes—the result of the National Geographic Genome Project which provides a genomic map for anyone who sends in a saliva swab. Other companies now provide the same service, though some imply more precise details of geography and region than genetics can deliver. The most unanticipated development has been the sequencing of DNA from prehistoric bones and teeth of Neanderthals and Denisovans who died up to 50,000 years ago. It is precisely this penetration of genetic analysis deep into the past that makes possible his brief history of everyone who ever lived.

One's genome consists of a roughly equal mix of parental DNA; so does the genome of everyone who ever lived. Rutherford provides a full account of the process of gene copying and transfer, with apt analogies for clarification. Through genetic mixing at every generation—analogue to the reshuffling of a deck of cards—unlimited variation in offspring is possible, accounting for the observed differences in siblings, and in fact the uniqueness of the estimated 107 billion humans who have ever lived. During the amalgamation of genes at the moment of conception, chunks of neutral or beneficial genes may be preserved while detrimental gene combinations may limit, damage, and over time reduce the efficacy of offspring, one result being a line of descendants that eventually goes extinct. Like letters, words, and language that preserve our stories through time, DNA preserves our ancestral story, the only caveat being occasional mistakes at conception where letters are miscopied, words are altered, or chunks of language are lost. These changes constitute mutational variations that become the drivers of evolutionary change.

Rutherford's analysis brings clarity to ideas and long-standing misconceptions—the thorny problem of race, for instance. *Homo sapiens* originated in Africa and have lived there for as much as 300,000 years—time to develop widespread genetic diversity. The few hundred *Homo sapiens* who migrated out of Africa

200,000 years later carried a fraction of that genetic richness, after which mutation and selection developed differences across all non-African populations, often quite superficial: variable facial features, hair texture, body proportions, eye color, and eventually skin pigmentation—the latter being the feature that has signified status, class, and caste from Europe to India in historic times. The fact is that there is far more diverse genetic variation in the African genome; there is more variation between Africans than between Africans and non-Africans, including light skinned Europeans. Genetically, alleged differences attributed to race have no scientific validity. Race is a myth; as Ashley Montague put it long ago, “man’s most dangerous myth.”

An added footnote: genes operate with a limited four-part “alphabet” (A, C, G, T); dark skin in Africa is related to a specifically positioned “G,” which remained in place in out-of-Africa migrants for a long time, so that “we can say with confidence that the Africans who populated southern Europe 50,000 years ago were dark skinned.” The light skin of Europeans occurred with an “A” substituted for the “G,” which analysis of prehistoric DNA shows did not occur until around 8,000 years ago. Simple arithmetic shows that Europeans were dark-skinned for 84% of their occupied history, a perspective that renders white Eurocentric assumptions of superiority ludicrous.

In a revealing account of genome sequencing, Rutherford unpacks the hazards of genetic research among Native Americans. In Europe and Asia, hominid remains may be 40,000+ years old, found in cave debris among animal remains, and beyond claims from the living. In the Americas, the remains of a 12,600-year-old Montana toddler designated Anzick-1, carefully buried with stone tools and red ochre looks too much like an ancestral burial of today’s Native Americans, and Kennewick Man, discovered on the banks of the Columbia River where he had been carefully buried 8,600 years ago, was claimed as “The Ancient One” by the five Federated Tribes of the Colville Reservation, who regard the ground as

sacred. Scientists unaccustomed to resistance, with assumptions that prehistoric genomes were an open field for investigation, found themselves in a twenty-year quagmire. The American land was taken from Native Americans who now tend to see genetic study as further colonial predation: DNA is considered part of the spiritual person. These, along with incidents of a cavalier approach to scientific research on Native American DNA samples has resulted in a tenuous and sometimes hostile relation between tribal traditions and genetic research, reminding us that genetic study of identifiable ancestors cannot be undertaken without full disclosure.

Within the last dozen years we have identified prehistoric Asians known as Denisovans, their name taken from a cave in Siberia where a finger bone and molar were recovered. We know nothing more about them than the sequencing of their DNA can tell us, but this tells us that they interbred with modern humans. Additionally, the popular press has made us aware that we carry the DNA of Neanderthals. Given their size as larger than *Homo sapiens*, hints that they may not have developed speech, along with their portrayal as primitive and undeveloped, Neanderthals have been regarded as a dead-end brutish line that went extinct at least 30,000 years ago. As such, it was thought, they would not have been attractive partners for our more discriminating, rational, and creative species. We have had to adjust these views in light of evidence that Neanderthals sewed, made clothes and jewelry, had the physical structure basic to speech, and perhaps left rock art in European caves. Still, the presence of Neanderthal DNA in our own has been attributed to a chance dalliance somewhere in the dark forests and distant mists of time past.

Rutherford clarifies the situation by noting that humans are “horny and mobile.” The introgression of Neanderthal genes into our own was far more widespread than a single dalliance. DNA sequencing of prehistoric remains chronicle at least three introgressions. Romanian bones indicate a meeting of Neanderthals and *Homo sapiens* around 40,000 years ago, but Croatian Neanderthal bones tell us

that interbreeding occurred also 60,000 years ago, the time when modern humans were entering Europe. Even more striking, the DNA of a female Neanderthal from the Altai Mountains of Siberia who died roughly 50,000 years ago carries modern DNA acquired by one of her ancestors 50,000 years earlier—100,000 years ago. Conceivably, this introgression may have occurred much closer to Africa when the earliest waves of modern humans were crossing into the Arabian Peninsula or traversing the Eastern Mediterranean region.

As Rutherford notes, separation of modern humans from Neanderthals occurred approximately 500,000 to 650,000 years ago—not long enough to preclude successful interbreeding. The world was clearly “a whole lot more cosmopolitan in the millennia before we came to be the last representatives of the genus *Homo*.” The widespread occurrence of Neanderthal remnants in modern humans—3 to 4 percent—indicates repeated and widespread intermating. Whenever these groups met, widespread sexual dalliance occurred. Rutherford adopts a creative image from the beat poet Edward Sanders: “clusterfuck: Whenever humans met—sapiens, Neanderthal, Denisovan—they had sex.” And, in an interesting corollary, the proportional association of Neanderthal DNA with X and Y chromosomes indicates that “the first encounters we had with them that resulted in procreation were male Neanderthals with female *Homo sapiens*.”

Rutherford has delivered a fascinating history. Along the way he clears away some genetic ideas that have surfaced that amount to questionable science—the alleged height gene, addiction gene, transsexual gene, obesity gene, gay gene—all a return to a form of primitive analysis not much different from “fate.” He makes clear that genetics seen as a foundation for determinism is no better than phrenology, teacup

reading, or astrology. Genetics may be virtually absolute in establishing paternity or the identity of a murderer, but its predictive power for character is limited. The presence of a gene associated with Alzheimer’s or any other disease does not mean a person will contract it. Genetics is most useful in unraveling the past. “The genome is a history book, and we will not cease from exploring it.” Certainly: as one more chapter in the grand narrative of the past, the human genome is the richest of territories.

