

8

Сквозная гиперболическая эволюция от биосферы до техносферы

Алексей Александрович Фомин

Международный центр образования и социально-гуманитарных исследований

В статье с привлечением численных методов обосновывается, что феномен гиперболического роста населения Земли – это не явление сугубо человеческой эволюции: оно имеет глубочайшие эволюционные корни и начиналось как минимум с момента возникновения жизни, но протекало в другой форме – точно такого же, как и для народонаселения, гиперболического роста, но неких эволюционных единиц. Эти эволюционные единицы в случае биологической эволюции приняли форму биологических видов, а в случае технологической эволюции – видов человеческой деятельности и, как следствие, количества людей. А смена формы произошла из-за ускоренного характера эволюции, так как новые биологические виды просто перестали успевать возникать из-за ускоряющихся темпов возникновения новых экологических ниш, поэтому рост числа видов продолжился в форме роста числа видов человеческой деятельности. И в будущем не исключена (по той же причине) еще одна субстанциональная смена, которая будет связана с эпохой роботов.

Ключевые слова: гиперболический рост, люди, виды, ускоренность.

Введение

В данной статье рассмотрены три количественные закономерности, указывающие на то, что гиперболический рост, которому удовлетворяет народонаселение планеты $\{N \sim 1 / (2037-t)\}$ (см.: Фомин 2018), начался еще задолго до антропогенеза, но в некой другой форме. Это:

1) закономерность, обнаруженная А. Д. Пановым (Рис. 1). Дано ее объяснение, исходя из предположения о существовании неких эволюционных единиц, – обобщение понятия народонаселения на случай биологической эволюции;

2) закономерность скорости роста толщины осадочных пород пропорционально логарифму от величины пропорциональной гиперболы народонаселения;

3) закономерность динамики числа видов морских животных (оказалось, что их плотность растет как гипербола мирового народонаселения).

Сделан вывод о том, что единая гиперболическая закономерность (с одной и той же точкой сингулярности) роста народонаселения и биосферы связана с гиперболическим ростом числа видов экологических

ниш. В случае биологической эволюции они принимают форму биологических видов, а в случае технологической эволюции из-за слишком выросшей скорости эволюции приобретают форму технологических видов (и соответствующих видов изделий). А поскольку последних обслуживают люди, то количество людей растет по тому же гиперболическому закону. При этом смена биологической эволюции технологической произошла вследствие того, что на некотором ее этапе скорость возникновения новых биологических, экологических ниш выросла настолько, что эти ниши перестали успевать заполняться биологическими видами. В результате на смену им стали приходить разные приспособления, применяемые животными (так как это гораздо быстрее биотической эволюции), то есть началась технологическая эволюция, которая по этой причине сохранила и продолжила гиперболический тренд биологической эволюции. Ранее схожий вывод был сделан в работе (Фомин 2010) на основе грубой реконструкции динамики числа морских видов (без деления на площадь их обитания). В данной статье этот вывод обосновывается более строго.

График А. Д. Панова

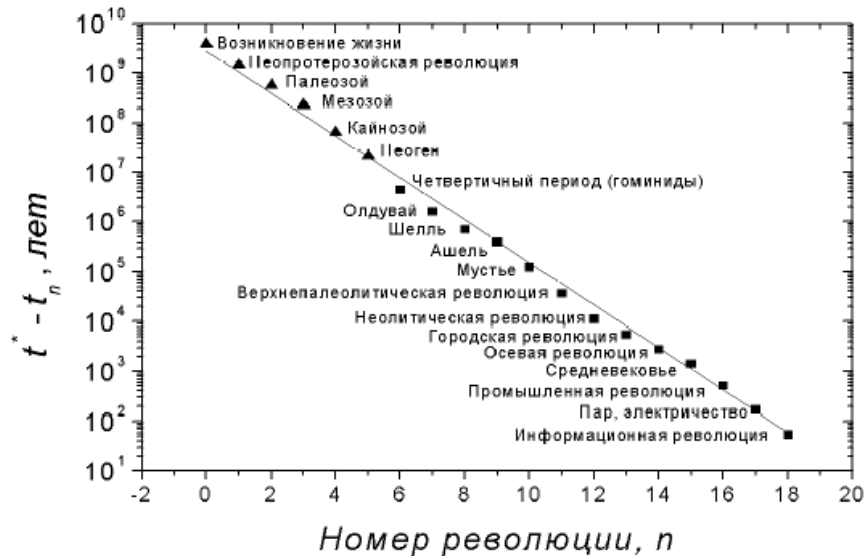


Рис. 1. Сокращение промежутков времени между планетарными революциями: $t^* - t_n = T / a^n$, путем минимизации дисперсии t^* получилось равным 2004 г. (Панов 2004). Но если вычислять это значение только по точкам человеческой эволюции, то t^* получается равным 2027 г. (Он же 2007), что дает представление о погрешности данного параметра

А. Д. Пановым была зафиксирована единая закономерность эволюционного развития от начала возникновения жизни до современности в последовательности смены неких вековых, революционных событий, что иллюстрирует Рис. 1. Закономерность означает, что частота этих событий при приближении к моменту времени t^* стремится к бесконечности (точка сингулярности). Она имеет тот же порядок, что и точка сингулярности гиперболического роста населения Земли. Например, в работе (Фомин 2018) для нее получено значение около 2037 г., что наводит на мысль: такое единство – не случайность, это проявление некой общей эволюционной закономерности, охватывающей и биологическую (Рис. 1), и социально-экономическую эволюцию (гиперболический рост населения Земли).

Но слабым местом данной гипотезы является большая субъективность выбора революций, подобных показанным на Рис. 1. Тем не менее на объективность указывает то, что список революций на Рис. 1 был составлен А. Д. Пановым из двух независимых периодизаций, которые были просто соединены вместе.

В Интернете встречается очень много схожих списков (на английском языке они называются *time line*), но на более узком интервале времени – на человеческой истории. И они тоже, как правило, обладают тем свойством, что возникающая здесь точка сингулярности также находится в районе точки сингулярности гиперболического роста населения Земли. В статье А. В. Коротаева из данного выпуска ежегодника (Коротаев 2020) рассматривается ряд Курцвейла, как в ней показано, совершенно аналогичный рассмотренному выше ряду А. Д. Панова и с близкой точкой сингулярности (только там математический анализ проведен в другой форме). С учетом того, что ряды получены совершенно независимым образом, это указывает на объективный характер закономерности (Там же).

Вывод формулы

Ситуация выглядит так, как будто бы еще до возникновения человека нечто (эволюционные единицы) росло количественно по той же гиперболе (с той же точкой сингулярности), что и у народонаселения планеты.

Логично предположить, что всякий раз увеличение людей в одно и то же число раз должно приводить к неким характерным социально-экономическим изменениям (циклы). Из этого предположения следует закономерность, представленная на Рис. 1 (с учетом закономерности гиперболического роста людей):

$$2037-t = N_0 / N, \quad (1)$$

где N_0 – некоторая эмпирическая константа.

Численная закономерность, иллюстрируемая Рис. 1, ориентировочно означает (ориентировочно – из-за большой погрешности в точке сингулярности, которая ниже взята равной 2027 г.):

$$2027 - t = T / a^n, \quad (2)$$

что напоминает формулу (1), если предположить, что:

$$N \sim a^n. \quad (3)$$

Формула (3) означает, что всякий раз, когда население планеты увеличивается в одно и то же количество раз, равное величине a , примерно на одну и ту же величину изменяется n . А так как n (см. Рис. 1) нумерует некоторые характерные, подобные в некотором историческом плане вековые события, то это означает, что всякий раз, когда население Земли увеличивается в одно и то же количество раз, происходят некоторые типичные социально-экономические изменения, которые подмечены историками.

К заключению о том, что прирост людей в одно и то же количество раз маркирует сокращающиеся в одно и то же количество раз периоды, можно прийти и на основе прямого подсчета.

Так, пусть $t_1 < t_2 < t_3$ – такие моменты времени, в которые гиперболическое народонаселение $N = A / (t_{\text{синг.}} - t)$ последовательно увеличивается в одно и то же количество раз, равное a по сравнению с предыдущим. Можно показать, что и сокращение промежутков времени $k = \{t_2 - t_1\} / \{t_2 - t_3\}$ тоже будет каждый раз одним и тем же. Запишем формулу для гиперболического роста населения в виде: $t = t_{\text{синг.}} - A / N$. Теперь запишем ее в упомянутые три момента: $t_1 = t_{\text{синг.}} - A / N_1$; $t_2 = t_{\text{синг.}} - A / N_2$; $t_3 = t_{\text{синг.}} - A / N_3$; подставим эти значения в формулу для k : $k = \{t_{\text{синг.}} - A / N_2 - (t_{\text{синг.}} - A / N_1)\} / \{t_{\text{синг.}} - A / N_2 - (t_{\text{синг.}} - A / N_3)\} = \{(1 - N_1 / N_2) / \{(N_2 / N_3 - 1)\}\}$. По определению за рассматриваемые промежутки времени прирост населения происходил в одно и то же количество раз: $N_2 / N_1 = N_3 / N_2 = a$. Подставляя это в предыдущую формулу, получаем:

$$K = \{(1 - 1/a) / \{(a - 1)\}\} = a. \quad (4)$$

То есть 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, равное a , будет приводить к тому, что промежутки времени между моментами этих приростов будут сокращаться в точно такое же количество раз, равное a .

Таким образом, из гиперболического роста населения Земли и предположения о том, что увеличение населения в одно и то же количество раз должно приводить к неким характерным эволюционным изменениям, следует закономерность в графике на Рис. 1.

Если аналогия формулы (3) не случайность, то эмпирическая закономерность на Рис. 1 представляет собой не что иное, как некоторое проявление закона гиперболического роста народонаселения (если пренебречь различием между 2027 и 2037 гг.), в том числе во времена еще до возникновения человека.

То есть ситуация выглядит так, как будто бы гиперболический рост населения Земли является частным продолжением некоторого более общего закона для гиперболического роста некоторой характеристики социально-биологического разнообразия. Если это так, то это может оказаться ценным инструментом эволюционных исследований, так как дает ключ к пониманию ряда биологических процессов на основе социальных и наоборот.

Другой вывод

Закономерность, представленную на Рис. 1, можно получить из гиперболического роста населения/эволюционных единиц и на основе следующих интуитивных соображений, которые косвенно указывают на существование некоего биологического аналога народонаселения (эволюционные единицы), который эволюционно плавно перерастает в народонаселение. Действительно, закономерность на Рис. 1 означает, что число биосферных революций в единицу времени растет пропорционально гиперболе народонаселения: из формулы (2) следует, что $n = \ln\{T / (2027 - t) / \ln(a)\}$, и если продифференцировать это выражение по времени, то получается, что число биосферных революций в единицу времени равно $dn / dt = \{1 / \ln(a)\} / (2027 - t)$; если пренебречь различием между 2027 г. и точкой сингулярности гиперболы народонаселения $t_{\text{синг.}}$, то отсюда получается, что интенсивность биосферных революций пропорциональна гиперболе народонаселения:

$$dn / dt \sim N = N_0 / (t_{\text{синг.}} - t). \quad (5)$$

Но, с другой стороны, интуитивно выглядит более-менее правдоподобным, что число социально-экономических революций в мире в единицу времени и должно расти пропорционально количеству людей: чем больше людей, тем пропорционально больше (при прочих других равных условиях) то тут, то там будут вспыхивать протесты. То есть число революций в единицу времени должно расти пропорционально гиперболе народонаселения. Отсюда напрашивается аналогичный вывод для числа биосферных революций в единицу времени: оно должно расти пропорционально числу эволюционных единиц (обобщенное название народонаселения на случай биологической эволюции). Но это есть не что иное, как соотношение (5). А из соотношения (5), в свою очередь, можно получить соотношение (2) (если пренебречь различием между точкой сингулярности гиперболы народонаселения и 2027 г.).

Действительно, интегрируя формулу (5), получаем: $n - n_0 = F \ln(t_{\text{синг.}} - t)$, где n_0, F – некие константы. Отсюда получается, что $\exp\{n_0 - n\} / F = t_{\text{синг.}} - t$. Правая часть этого выражения совпадает с левой частью формулы (2), а левая часть при некотором выборе соответствующих констант $\{a = \exp(1 / F), T = \exp(n_0 / F)\}$ эквивалентна правой части того же выражения (2). То есть из формулы (5) действительно следует выражение (2) при упомянутом выборе констант.

Таким образом, для случая человеческой эволюции банальное, интуитивное представление о том, что чем больше людей, тем пропорционально интенсивнее происходят революции, приводит к закономерности, представленной на Рис. 2, откуда напрашивается обобщение и на случай биологической эволюции с обобщением людей некими биологическими, эволюционными единицами. Только теперь следует предполагать, что интенсивность биотических революций пропорциональна некоему числу эволюционных единиц уже биотической эволюции.

Сравнение с фактическими данными

То, что между соседними точками графика на Рис. 1 каждый раз происходит прирост народонаселения в некое примерно одно и то же количество раз, иллюстрирует нижеследующая Таблица. Причем, как видно из Таблицы, оно действительно примерно равно величине сокращения соответствующих промежутков времени между революциями, как это численно обосновывалось выше (см. выражение (4)).

Таблица

Сравнение коэффициентов сокращения периодов на Рис. 1 (их датировки взяты из работы: Панов 2007) с соответствующим приращением мирового народонаселения

Название, описание революций	Моменты начала революций, календарные годы	Число людей мира, млн чел.	Приращение народонаселения между началами революций, разы	Сокращение периодов, между началами революций, разы
Верхнепалеолитическая революция	-40000	1,1		
Неолитическая революция	-10500	10,0	4,5	4,2
Городская революция (Начало Древнего мира)	-3500	45,0	2,2	2,5
Имперская древность, железный век, революция Осевого времени	-750	98,3	2,0	2,2
Гибель Древнего мира, начало Средних веков	500	199,5	2,2	1,2
Начало Нового времени, первая промышленная революция	1500	435,1	2,6	3,0
Вторая промышленная революция. Пар, электричество, механизированное производство	1835	1126,1	2,2	2,9
Информационная революция, начало постиндустриальной эпохи	1950	2522,5	2,1	2,8

Окончание Табл.

Название, описание революций	Моменты начала революций, календарные годы	Число людей мира, млн чел.	Приращение народонаселения между началами революций, разы	Сокращение периодов, между началами революций, разы
Кризис и распад мировой системы тоталитарной плановой экономики, информационная глобализация	1991	5374,5		

Примечание: Значение народонаселения было получено путем усреднения (в одни и те же моменты времени) от большого количества разных авторов, реконструировавших динамику народонаселения, список ссылок на которых приводится в (Цирель 2008).

Проблемность

Возможны и другие списки/периодизации, подобные использованному при построении графика на Рис. 1. Другие списки «революций» могут давать и другие коэффициенты в зависимости от детальности списка, но точка сингулярности при этом остается примерно той же самой, как и на Рис. 1. В подобных списках не предлагается четких критериев, по которым они строятся, то есть в них велика доля субъективности. И действительно, Таблица показывает, что некоторые коэффициенты сокращения периодов при таком относительно субъективном выборе могут демонстрировать как существенные различия между собой, так и несовпадение с соответствующим приростом народонаселения. Ситуация еще более усложняется при поиске общего знаменателя с биотической эволюцией, позволившего бы с единых позиций строить периодизацию и того и другого.

Поэтому желательны некие объективные критерии, которые бы указывали на гиперболический рост во время биологической эволюции, и с точкой сингулярности, как у гиперболы народонаселения.

Скорость роста толщины осадочных пород

О возможности глобального влияния биосферы на осадконакопление

Одним из таких критериев, вероятно, может быть скорость роста толщины осадочных пород: в динамике скорости осадконакопления тоже можно косвенно увидеть гиперболу народонаселения. Но прежде чем непосредственно приступить к данному вопросу, в этом подпункте вначале мы покажем, что сама по себе постановка вопроса о глобальном биотическом влиянии на осадконакопление является корректной.

На возможность биогенного происхождения осадочных пород обращал внимание еще Р. К. Баландин в 1979 г. (Баландин 1979), указывая, что рост осадкообразования (Рис. 2) имеет слишком ускоренный характер, чтобы иметь абиогенную природу. Одну из сторон глобального влияния на геологические процессы со стороны биосферы приоткрывает исследование влияния муравьев на интенсивность формирования карбоната кальция и магния из минералов (Dorn 2014). Оказалось, что этот процесс в почве в итоге жизнедеятельности муравьев ускоряется от 50 до 300 раз, и автор соответствующего исследования даже предположил, что за глобальное похолодание в кайнозое (то есть после 145 млн лет до н. э. [ISS 2013]) ответственны муравьи, поскольку описанный процесс связывает углекислый газ атмосферы (Dorn 2014), тем самым увеличивая скорость осадконакопления. Причем биомасса муравьев в тропиках не уступает биомассе крупных копытных и на долю муравьев-жнецов приходится около половины съеданной в саваннах растительности. По оценке Н. В. Короновского и А. Ф. Якушовой (Короновский, Якушова 1991: гл. 14), «Более 50 % осадков океана имеют биогенное происхождение».

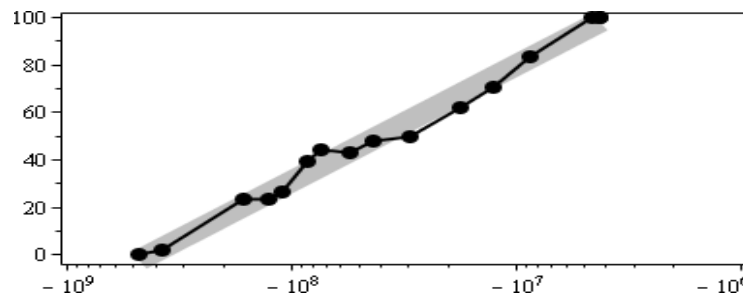


Рис. 2. Динамика скорости роста толщины осадочных пород¹ (относительные единицы) и ее логарифмическая параметризация $421,08 - 21,18 \ln(2037-t)$, полученная минимизацией дисперсии, но с константой 2037, взятой из логогиперболической² параметризации населения Земли (см.: Фомин 2018); абсцисса точек: $-472\,534\,000 \dots -42\,613\,000$ календарные годы

¹ В первоисточнике не указывается, но, видимо, речь идет об океанических осадках, так как на континентальное осадконакопление циклы движения тектонических плит оказывают столь большое влияние, что примерно в их конце (Каледонский, Герцинский, Альпийский циклы — около 370, 245 и около последних 2 млн л. н.) имеются такие сильные всплески континентального осадконакопления (см. его графики в: Ропов 1994: рис. 26, 27), что они явно не вписываются в динамику осадконакопления (Рис. 220).

² Приставка «лого» означает, что на основной тренд гиперболической зависимости наложена колебательная составляющая с циклами, сокращающимися в одно и то же количество раз от цикла к циклу и имеющими ту же точку сингулярности, что и упомянутая гипербола. Происхождение термина связано с тем, что в логарифмическом масштабе времени, отсчитываемом от точки сингулярности, эти колебания выглядят как постоянно периодические.

Недавнее численное моделирование влияния биосферы на скорость осадконакопления показало, что биосфера во многом вполне может быть ответственна за существование континентов (Honing *et al.* 2013). Это связано с тем, что относительно интенсивное разрушение земных пород, которое производит биосфера, приводит к образованию мощных слоев осадочных пород; они, в свою очередь, инициируют вулканическую деятельность, которая и наращивает континенты (*Ibid.*). Геофизик С. Норм из Стэнфордского университета полагает, что такая картина вполне вписывается в то, что сейчас известно об эволюции земной коры. В частности, обнаруженный оксид алюминия в древних осадочных породах с большой вероятностью указывает на их биогенное происхождение (Slezak 2013).

Недавно немецкими геофизиками была построена модель планетарной эволюции с учетом эффекта «смазки», которую дает вода, проникая вглубь Земли за счет эрозии, которую создает жизнь. Жизнь на Земле благодаря эрозии не только способствует разрушению континентов, но благодаря созданию соответствующих трещин «поставляет» воду вглубь Земли; если на глубине 100–120 км ее окажется недостаточно, то континенты станут в целом уменьшаться за счет замедления процесса образования новых континентов (при прежних темпах разрушения старых), так как без «смазки» геологические процессы, приводящие к увеличению поверхности суши, идут труднее. И, как показала модель, если бы жизни на Земле вообще никогда не было, то континенты занимали бы площадь более чем в 4 раза меньше нынешней. Ученые выступили с соответствующим докладом на ежегодной конференции Европейского союза наук о Земле, которая проходила в Вене, о чем кратко сообщает портал *Science News* (Деятельность... 2015; Reed 2015).

Поэтому есть все основания полагать, что скорость осадконакопления может быть глобальным эволюционным показателем биосферы.

Логарифмический рост скорости роста толщины осадочных пород

Теперь рассмотрим саму динамику скорости осадконакопления. Она показана на Рис. 2.

Зависимость от времени будет логарифмической, если в некоем логарифмическом масштабе времени она выглядит как линейная, что примерно и отражает Рис. 1³. Причем под знаком логарифма стоит величина $(2037-t)$. Получается, что если взять логарифм от величины, пропорцио-

³ Строго говоря, зависимость на рассматриваемом Рис. 1 выглядела бы как линейная, если время отсчитывать от момента 2037 г., а не от начала эры. То есть когда по оси абсцисс показывалась бы величина $t-2037$, где t – календарные годы. Но самая древняя точка данных на Рис. 1 много древнее 2037 г., поэтому график выглядит как линия и при отсчете времени от начала эры, то есть в масштабах Рис. 2 2037 год = 0.

нальной гиперболе народонаселения, то эта величина с точностью до константы пропорциональности будет описывать динамику скорости роста осадочных пород. Причем работает это как минимум от 472 до 72 млн лет назад. То есть все выглядит так, как будто еще в период, когда не было даже гоминид, гипербола будущего роста народонаселения почему-то уже проявлялась.

Рассмотренный выше логарифмический рост скорости роста толщины осадочных пород фактически означает, что (по крайней мере, от 472 до 72 млн л. н.) с каждой новой революцией скорость роста толщины осадочных пород почему-то прирастала примерно на одну и ту же величину (Рис. 1).

Действительно, из формулы (2) получается, что порядковый номер n точек Рис. 1 удовлетворяет соотношению $n = \ln(T) / \ln(a) - \{1 / \ln(a)\} \ln(2027 - t) \approx \ln(T) / \ln(a) - \{1 / \ln(a)\} \ln(t_{\text{синг.}} - t)$. Используя совместно с этим соотношением логарифмическую зависимость для скорости роста толщины осадочных пород $P = 421,08 - 21,18 \ln(t_{\text{синг.}} - t)$, можно выяснить, что прирост скорости осадконакопления $P_2 - P_1$ между двумя моментами времени t_2 и t_1 соответственно равен $P_2 - P_1 = 21,18 \ln(a) (n_2 - n_1)$. Отсюда, учитывая, что $n_2 - n_1 = 1$ для моментов времени между каждыми соседними революциями из Рис. 2, получается, что прирост в скорости роста осадочных пород между ними каждый раз будет равен $21,18 \ln(a)$.

То есть последовательность революций на графике Рис. 1 означает не только прирост от одной к последующей соседней другой числа эволюционных единиц в одно и то же количество раз, но и увеличение скорости осадконакопления на одну и ту же величину.

Динамика плотности видов морских животных

Гиперболический рост – как у народонаселения Земли

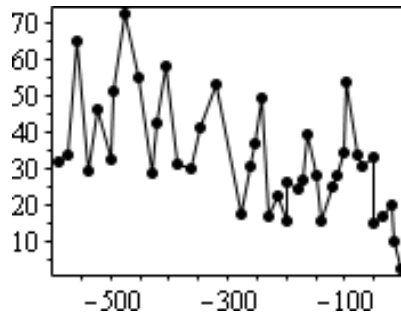


Рис. 3. Динамика площади акваторий на территории нынешних континентов в млн кв. км.

Примечание: то есть площадь не только бывших морей, но и бывших озер и, вообще говоря, отчасти нынешних озер. Абсцисса: -591,125 — -1,98 календарные млн лет.

Источник данных: Монин 1977, рис. 35.

Таким образом, судя по предыдущим двум пунктам (то есть по графику А. Д. Панова и по скорости осадконакопления), картина выглядит так, как будто бы до возникновения на Земле людей нечто (эволюционные единицы биологической эволюции) количественно увеличивалось по тому же гиперболическому закону, по которому потом продолжился рост народонаселения.

Логично предположить, что соответствующие эволюционные единицы, растущие по гиперболическому закону, как-либо связаны с числом каких-то биологических таксонов. Ниже мы обоснуем, что таким таксоном является вид.

Сейчас для видов существует только реконструкция глобальной динамики количества видов морских животных, которая выполнена А. В. Марковым. Но не совсем верно было бы искать в ней гиперболический рост с точкой сингулярности гиперболы народонаселения, так как даже если бы общее число морских видов росло по гиперболе народонаселения, то из-за того, что площадь акваторий на территории нынешних континентов в свое время менялась в разы (Рис. 3), реконструкция динамики числа морских видов на основе палеонтологических данных радикально отличалась бы от упомянутой гиперболы. Все эти палеонтологические данные касаются лишь площади бывших акваторий на территории нынешних континентов, а количество видов практически полностью меняется с такими масштабными изменениями морских территорий. Например, в Африке практически не живут те виды, которые живут в России. Поэтому для того чтобы увидеть гиперболу народонаселения в морском видовом разнообразии, лучше количество видов, реконструированное по палеонтологическим данным, поделить на площадь бывших акваторий на территории нынешних континентов, на которых они были найдены (плотность находок).

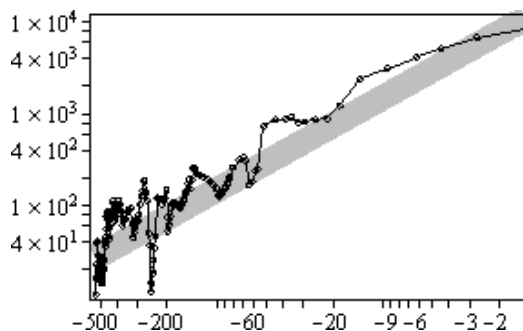


Рис. 4. Гиперболическая параметризация плотности видов морских животных

Примечание: по оси абсцисс — календарное время t в млн лет (–540,1875 – –1,3599 календарные млн лет.). Ломаная линия — реконструированное количество видов (со-

ответствующих известному палеонтологии количеству морских родов), деленное на площадь акваторий в млн кв. км, на территории нынешних континентов (то есть \approx на площадь их обитания). Прямая линия – гипербола народонаселения Земли (см.: Фомин 2018), помноженная на константу, полученную минимизацией дисперсии: $14382,9 / (0,002037-t)$. Реконструкция видов осуществлена в: Марков 2003, рис. 3)⁴, данные по динамике площади акваторий взяты из Рис. 3)⁵.

И динамика, получившаяся после такого деления, действительно растет примерно по гиперболическому закону народонаселения планеты, что показано на Рис. 4. Хотя без такого деления реконструкция динамики числа палеонтологических видов тоже может приблизительно напоминать гиперболу народонаселения Земли (Фомин 2010).

Строго говоря, при вычислении плотности вместо площади водных акваторий на территории нынешних континентов правильнее было бы брать лишь ту часть из нее, которая сейчас является сушей. Но площадь озер на территории нынешних континентов равна почти 5 млн кв. км (Verpoorter *et al.* 2014), а площадь крупнейших 10 нынешних озер равна около 0,76 млн кв. км. То есть нынешняя площадь озер подавляющую часть времени (Рис. 3) была много меньше, чем площадь когда-то существовавших акваторий на территории нынешних континентов. Лишь у самых молодых двух точек на Рис. 3, значение площади которых равно 10,2 и 3,1 млн кв. км, она может быть сопоставима с нынешней, суммарной площадью озер мира. Поэтому динамику площади акваторий (Рис. 3) на территории нынешних континентов можно практически считать совпадающей с динамикой площади бывших акваторий на территории нынешних континентов, быть может, за исключением двух самых молодых точек рассматриваемых рисунков (их датировка равна 15,45 и 1,98 млн л. до н. э.). Поэтому лишь 2 самые молодые точки на графике Рис. 3 могут давать существенную погрешность при вычислении плотности из-за различия площади акватории и площади иссохших акваторий на территории нынешних континентов. Им соответствуют 6 самых молодых точек на Рис. 4. И действительно, именно три крайние из них имеют существенное занижение по сравнению с «прямой», их описывающей, что как раз и должно быть (занижение), в силу того что для них площадь находок морских так-

⁴ Численный результат реконструкции любезно предоставил А. В. Марков.

⁵ В работе (Miller *et al.* 2005, fig. 2) приводится обзор данных по динамике площади моря на территории нынешних континентов. Но на столь широком интервале, как на Рис. 4, есть данные только у двух авторов (см.: Sloss 1963; Ronov 1994). Остальные данные приведены на несопоставимо более малом интервале. Если вместо данных, использованных на Рис. 4, использовать эти данные, то приближенная линейная зависимость на Рис. 4 остается в полной силе. Данные по динамике площади акваторий на территории нынешних континентов, использованные на графике Рис. 4, были выбраны просто потому, что автор нашел их первыми. Но впоследствии выяснилось, что они гораздо лучше делают видимыми циклы, которые рассматриваются ниже на Рис. 5.

сонов могла стать заметно меньше, чем площадь водных акваторий (так как некоторые таковыми остаются до сих пор – они не иссохли, поэтому палеонтологических находок на них нет). Этот недостаток исправлен на Рис. 5, где данных трех точек нет. На Рис. 5 также показана и колебательная составляющая (о чем подробнее будет сказано ниже).

Рис. 4 демонстрирует, что виды человеческой деятельности могут являться прямыми эволюционными потомками биологических видов: в силу невероятно выросших темпов эволюции биологические виды перестали успевать возникать для занятия все быстрее и быстрее возникающих экологических ниш и сменились технологическими видами, вместе с этим гиперболический рост видов прямым образом продолжился в виде гиперболического роста народонаселения планеты, если предположить, что кратно количеству людей на Земле кратно растет и количество видов человеческой деятельности.

Колебательная составляющая – как у народонаселения Земли

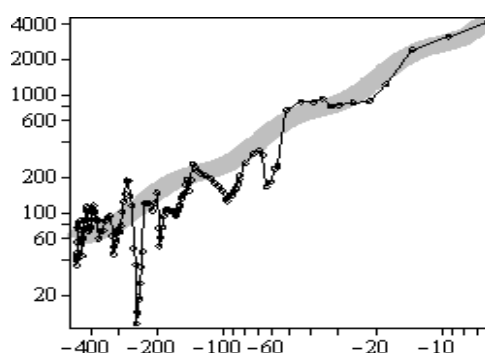


Рис. 5. Логогиперболическая параметризация плотности видов морских животных

Примечание. Ось абсцисс и ломаная – из Рис. 4 (за исключением нерассмотренных трех точек справа и нескольких слева). Абсцисс: $-473,6 - -6,2899$, календарные млн лет. Плавная линия – логогиперболическая параметризация народонаселения Земли (см.: Фомин 2018) с измененными минимизацией дисперсии линейными коэффициентами: $27244,6 / (0,002037 - t) + 2869,46 / (0,002037 - t) \cos\{11,620 \log(0,00204 - t) + 0,815\}$. Здесь t измеряется в млн лет.

Сборной базы данных по динамике количества известных палеонтологических видов на данный момент не существует. Поэтому на Рис. 4 была использована реконструкция на основе данных по числу морских палеонтологических родов животных.

Она основана на примерной закономерности палеонтологических данных по соотношению соседних (из линии «тип, класс, семейство, отряд,

род») морских таксонов и состоит в том, что таксон любого ранга (из упомянутых), например отряд, содержит одно и то же количество таксонов следующего, более низкого ранга (Марков 2003). Например, число родов в отряде. А упомянутая закономерность (позволившая вычислить число фрактала: более мелкие таксоны подобны более крупным в плане соотношения со своими «соседями», что хорошо согласуется с тем, что более крупные таксоны (например, семейства) когда-то возникли из более мелких (родов), поэтому логично, что они могли унаследовать их структуру.

Количество реконструированных палеонтологических морских видов (приходящихся на единицу площади их обитания) содержит в себе также и колебания, подобные колебаниям народонаселения планеты, если последние экстраполировать в прошлое. В (Фомин 2018) показано, что динамика народонаселения планеты примерно за последние 40 тыс. лет описывается формулой (в ней t измеряется в календарных млн лет, $t_{\text{синг.}} = 0,00203744$ млн лет):

$$231085,1 / (t_{\text{синг.}} - t) + 17710,4 \cos\{11,62 \log(t_{\text{синг.}} - t) - 0,815\} / (t_{\text{синг.}} - t). \quad (6)$$

Здесь колебательную составляющую, наложенную на гиперболу, представляет член, содержащий косинус.

Рис. 5 демонстрирует корректность параметризации подобным образом и плотности реконструированных морских видов.

Из него видно, что справа два периода колебаний параметризации хорошо повторяют колебания точек. И даже отношение линейных коэффициентов параметризации $27244,6/2869,46 = 9,5$ оказалось примерно таким же, какое получилось для логогиперболической параметризации народонаселения планеты из формулы (2): там оно $231085,1 / 17710,4 = 13$. Сильное рассогласование параметризации по сравнению с точками имеется в первом слева периоде колебаний главным образом из-за сильного провала точек около 250 млн лет до н. э.

Но этот провал, похоже, обусловлен сильнейшим внешним по отношению к биологической эволюции влиянием. Вероятно, мощный метеорит, пробивший земную кору, вызвал сильнейшую вулканическую активность и т. д. (подробнее про абиогенные причины пермско-триасового вымирания см. Приложение).

Точки до этого провала и идущие до 473,6 млн лет до н. э., показанные на графике Рис. 4 и не показанные на Рис. 5, тоже содержат сильный провал по отношению к параметризации Рис. 5. Но они относятся к периоду потенциально высокой неполноты данных из-за особенно высокой в то время доли мягкотелых форм жизни, не оставивших следов в палеонтологической летописи (поэтому они и были исключены из оптимизации Рис. 5).

Справедливости ради отмечу, что если при вычислении точек на графике Рис. 5 использовать другие данные (на столь широком интервале есть еще только данные двух авторов – см. комментарий в сноске 5) по

динамике площади акваторий на территории нынешних континентов, чем использованные и показанные на Рис. 3, то вместо точек Рис. 5 получатся настолько другие точки, что на них уже практически не будет видно демографических логоциклов, экстраполированных в прошлое. Поэтому то, что они оказались видны на Рис. 5, в некотором смысле случайность (так как автор обнаружил в первую очередь соответствующие данные). При реконструкции площади акваторий на территории нынешних континентов у разных авторов возникают большие погрешности, которые на данный момент не позволяют однозначно увидеть (экстраполированные в прошлое, демографические) циклы в динамике плотности видов на Рис. 5. Но, во всяком случае, есть все основания полагать, что они там могут быть.

Выводы

В любом случае все вышеизложенные факты дают основания предполагать, что эволюционной единицей, растущей по гиперболическому закону от биологической эволюции, рост которой продолжен человеком, является число видов, во всяком случае, плотность видов. Но логично предположить, что плотность видов (или альфа-разнообразие) пропорциональна общему числу видов (см.: Марков, Коротаев 2007; 2008; 2009; Korotayev, Markov 2015). В случае биологической эволюции это число принимает форму числа биологических видов, а в случае технологической эволюции – форму числа технологических видов, которые пропорциональны числу людей. Математическая форма закона роста от этого не меняется.

Такой переход произошел в силу ускоренного характера эволюции и достижения биологической эволюции столь высокой скорости, что новые биологические виды перестали успевать заполнять все быстрее и быстрее возникающие новые экологические ниши. И это стали делать биологические таксоны с использованием разных приспособлений и мозга, так как это гораздо быстрее, чем получается у биологической эволюции.

То есть нет ничего удивительного в том, что гиперболические тренды биологической и социально-экономической эволюции, иллюстрируемые Рис. 1, оказались тождественны: по своей природе эти процессы – суть одно и то же, но принимающие разную форму в силу ускоренного характера эволюции.

На подходе еще один аналогичный качественный переход смены носителя тренда. Если предыдущая смена была связана со сменой биологического носителя на технологический в руках человека, то все идет к тому, что следующий будет связан с искусственным интеллектом и массовым распространением роботов-гуманоидов.

Рассмотренная прямая математическая преемственность между социальной и биологической эволюциями позволяет так же по-новому взглянуть и на подход к количественному прогнозированию будущей, человеческой эволюции. Так как, используя гораздо более широкий интервал

времени биологической эволюции, чем социальной, потенциально можно строить и более точные прогнозы относительно социальной эволюции, чем это возможно только по данным социальной эволюции, что может быть важным для глобального, социально-экономического прогнозирования.

Приложение

Как показали исследования 2011 г. (Shen *et al.* 2011), пермско-триасовое вымирание длилось чрезвычайно короткое по геологическим масштабам время – не более 200 тыс. лет (а может быть, и 100). Затем выяснилось, что оно длилось и того меньше – 60 ± 48 тыс. лет (Burgess *et al.* 2014; Giant... 2014). Даже австралопитековые (относятся к гоминидам) вымирали в течение порядка миллиона лет. Это несмотря на то, что тогда темпы эволюции были уже гораздо быстрее (это было несколько миллионов лет назад).

Кроме того, было выяснено, что за 10 тыс. лет до пермско-триасового вымирания в океане произошел скачок роста концентрации углекислого газа (*Ibid.*), что, по мнению исследователей, привело к подкислению океана и повышению его температуры на 10 градусов; это и убило большинство морских обитателей.

Пермско-триасовое вымирание состоит из двух резких снижений биоразнообразия, недавно на основе подробного анализа динамики соотношения изотопов углерода и бора было установлено, что скачок роста концентрации рН произошел во время упомянутой второй волны (Марков 2015 со ссылкой на: Clarkson *et al.* 2015). Причем вымерли в основном как раз те водные организмы, которые были более всего уязвимы к такому скачку (Там же).

Наиболее распространенной на данный момент версией причины рассматриваемого вымирания является сильнейшая вулканическая активность, которая имела место в момент этого вымирания (Grasby *et al.* 2011; Black *et al.* 2010). Она и могла вызвать скачок концентрации углекислого газа (Burgess *et al.* 2014; Giant... 2014). Но это не значит, что данная причина непосредственным образом привела к «одномоментному» физическому уничтожению биоты в течение рассмотренного чуть выше очень короткого периода. Так, в той же вышеприведенной работе, где обосновывается такая скоротечность (*Ibid.*), также аргументируется, что трапповая активность не была прямой ее главной причиной, так как такая активность была и до упомянутого скоротечного периода (равно как и после).

Вулканическая активность как раз пришлась примерно на тот период, когда она и должна была наблюдаться вследствие периодических разрывов и сближений тектонических плит. В данном случае образовался суперконтинент Пангея. Но такие процессы никогда ранее не приводили к столь массовым вымираниям, в связи с чем не исключена причастность к рассматри-

ваемому Великому вымиранию также колоссального удара космического тела. Но возможных подобных следов обнаружено не было, в связи с чем правдоподобно выглядит гипотеза А. Г. Пономаренко, который считает, что вымирание было спровоцировано особо сильной трапповой⁶ вулканической активностью в Сибири, которая была вызвана особо «энергичным» астероидом, который пробил земную кору и ушел в мантию (Катастрофы... 2012), отчего на другой стороне Земли, в Сибири, от ударной волны лопнула кора и вызвала обширное излияние лавы и далее разрушение всех существующих экосистем. Все вместе и привело к вымиранию.

Недавнее компьютерное моделирование климатических процессов, развивавшихся вследствие рассматриваемой вулканической активности, показало, что средняя кислотность дождей тогда повысилась: рН стал равен 4 против 5–5,5 нынешних значений, это существенно, если иметь в виду, что шкала рН – логарифмическая (Black 2013). Моделирование показало, что при этом в пространствах севернее экватора, более чем 50° северной широты, кислотность дождей стала как кислотность у лимона (рН = 2) (Black 2013). Средняя концентрация озона снизилась на 70 %, а ультрафиолетовое излучение в полярных регионах увеличилось в 49 раз (Black 2013).

Согласно уже вышеупомянутому анализу (подетальному анализу динамики соотношения изотопов углерода и бора в морских осадочных карбонатных породах), авторы исследования делают вывод о том, что если вторая волна вымирания сопровождалась закислением океана, то первая была связана с климатическими изменениями, аноксией⁷ и, возможно, с какими-то другими причинами (Марков 2015, со ссылкой на: Clarkson *et al.* 2015).

А исследование (Rothman *et al.* 2014) показало, что наиболее вероятной непосредственной причиной вымирания является парниковый эффект за счет метаногенерирующих бактерий, взрыв развития которых, вероятно, был обеспечен огромным количеством выброшенного вулканами никеля, стимулирующего развитие метаногенов. Вероятно, сильное внешнее влияние вывело из-под контроля биоценозов какие-то опасные для биосферы внутренние тенденции, которые и привели к колоссальному вымиранию. Потепление как раз вызывает понижение концентрации кислорода в воде, и наличие бескислородных условий на морском шельфе того времени подтверждается геологическими данными (Марков 2015, со ссылкой на: Clarkson *et al.* 2015).

⁶ Трапп – огромные излияния из земной коры магмы, которые могут занимать территории, сопоставимые с Европой.

⁷ Аноксия – отсутствие кислорода в организме или в отдельных органах, тканях, крови. Прежде аноксию называли также и гипоксией – недостатком кислорода в организме (Аноксия 2014).

Выброс углекислого газа приводит к потеплению, далее следует уменьшение концентрации кислорода в океане, что, в свою очередь, приводит к росту размножения в нем сульфатных бактерий, выделяющих сероводород (Ward 2006). Данные по биомаркерам сульфатных бактерий указывают: тогда они развились настолько, что достигли той критической концентрации, когда выделяемый ими сероводород должен был вырваться в атмосферу (*Ibid.*). А он является токсином как для растительной, так и для животной жизни, что, по мнению П. Д. Уорда, и стало основной непосредственной причиной вымирания (как и следующего, триасового вымирания) (*Ibid.*). Этому также способствовало разрушение озонового слоя (защищающего от ультрафиолетового излучения), которое происходит под действием большого количества сероводорода. В пользу того, что это действительно было, говорит найденное в Гренландии большое количество спор того времени с уродствами, характерными для слишком длительного облучения растений ультрафиолетовым излучением (*Ibid.*).

В пользу абиотической причины рассматриваемого вымирания говорит также и то, что оно по глубине биотической перестройки было существенно меньше, а по глубине наблюдаемого вымирания (сокращения биоразнообразия) – больше следующего во времени (триасово-юрского) вымирания.

Библиография

- Аноксия.** 2014. *Википедия*. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аноксия>.
- Баладин Р. К.** 1979. *Время – Земля – Мозг*. Минск: Высшая школа.
- Деятельность** живых организмов назвали причиной роста континентов. 2015. *Lenta.ru* 20 апреля. URL: <http://lenta.ru/news/2015/04/20/lifecontinents>.
- Катастрофы** не вызывают, а лишь ускоряют вымирание. 2012. *Dinoera.ru*. URL: <http://dinoera.ru/nauka/8181-2012-10-24-14-08-53.html>.
- Короновский Н. В., Якушова А. Ф.** 1991. Основы геологии. URL: <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1163814>.
- Коротаев А. В.** 2020. Математический анализ сингулярности XXI века в контексте Большой истории. *Эволюция: Эволюционные грани сингулярности* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 19–79. Волгоград: Учитель.
- Марков А. В.** 2003. Соотношение таксонов разных рангов в ископаемой летописи и реконструкция видового разнообразия морской биоты в фанерозое. *Палеонтологический журнал* 2: 1–10. URL: <http://www.evolbiol.ru/markovrus.htm>.
- Марков А. В.** 2015. Доказана роль резкого закисления океана в массовом вымирании на рубеже пермского и триасового периодов. *Элементы.ру*. URL: <http://elementy.ru/news/432455>.
- 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. 2008.** Гиперболический рост разнообразия морской и континентальной биот фанерозоя и эволюция сообществ. *Журнал общей биологии* 69(3): 175–194.
- Марков А. В., Коротаев А. В. 2009.** *Гиперболический рост в живой природе и обществе*. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.
- Монин А. С. 1977.** *История Земли*. Л.: Наука. URL: <http://litresp.ru/chitat/ru/M/monin-andrej-sergeevich/istoriya-zemli>.
- Панов А. Д. 2004.** Автомодельный аттрактор социально-биологической эволюции на Земле и гипотеза самосогласованного галактического происхождения жизни. *Бюллетень НКЦ SETI* 7(24). URL: <http://Infm1.sai.msu.ru/SETI/koi/bulletin/24/1.1.html>.
- Панов А. Д. 2007.** *Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI)*. М.: ЛКИ. URL: http://dec1.sinp.msu.ru/~panov/panov_evo_seti.djvu.
- Фомин А. А. 2010.** Степенно-логарифмическая связь между количеством соседних таксонов в биологии как основа для поиска аналогичной связи в технике. Междисциплинарность ценологических представлений. Общая и прикладная ценология. *Труды XIV конференции-семинара с международным участием по технетике и ценологии (Москва, 19 ноября 2009 г.)* / Ред. Б. И. Кудрин. Вып. 43. *Ценологические исследования*. М.: Технетика, 2010. URL: https://www.researchgate.net/profile/Alexey_Fomin3; <http://pania.ru/text/78/586/52082.php>.
- Фомин А. А. 2018.** Циклы неравномерности мирового социально-экономического развития от возникновения человека и до современности: прямая эволюционная преемственность *История и математика: Социально-экономические аспекты истории и современности* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 11–53. Волгоград: Учитель.
- Цирель С. В. 2008.** Заметки об историческом времени и путях исторической эволюции. Ст. I. *История и математика: Модели и теории* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 246–278. М.: УРСС.
- Black B. A., Lamarque J. F., Shields C. A., Elkins-Tanton L. T., Kiehl J. T. 2013.** Acid Rain and Ozone depletion from Pulsed Siberian Traps Magmatism. *Geology* 42(1): 67–70.
- Black B. A., Elkins-Tanton L. T., Rowe M. C. 2010.** Volatile Release from the Siberian Traps and the End-Permian Environment. *American Geophysical Union Annual Meeting*. December 13. URL: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2010AGUFM.V13E2400B>.
- Burgess S. D., Bowring S., Shenb S.-Z. 2014.** High-precision Timeline for Earth's most Severe Extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. URL: <http://www.pnas.org/content/111/9/3316.short>.
- Clarkson M. O., Kasemann S. A., Wood R. A., Lenton T. M., Daines S. J., Richoz S., Ohnemüller F., Meixner A., Poulton S. W., Tipper E. T. 2015.** Ocean Acidification and the Permo-Triassic Mass Extinction. *Science* 348: 229–232.
- Dorn R. I. 2014.** *Ants as a Powerful Biotic Agent of Olivine and Plagioclase Dissolution*. *Geology* July 14. URL: <http://geology.gsapubs.org/content/early/2014/07/14/G35825.1.abstract>.

- Giant Mass Extinction Quicker than Previously Thought: End-Permian Extinction Happened in 60,000 Years. 2014.** *Science Daily* February 10. URL: www.sciencedaily.com/releases/2014/02/140210161334.htm.
- Grasby S. E., Sanei H., Beauchamp B. 2011.** Catastrophic Dispersion of Coal Fly Ash into Oceans During the Latest Permian Extinction. *Nature Geoscience* 4: 104–107.
- Honing D., Hansen-Goos H., Airo A., Spohn T. 2013.** Biotic vs. Abiotic Earth: A Model for Mantle Hydration and Continental Coverage. *Planetary and Space Science*. October. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032063313002663>.
- ICC 2013.** International Chronostratigraphic Chart. URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2013-01.pdf>.
- Korotayev A. V., Markov A. V. 2015.** Mathematical Modeling of Biological and Social Phases of Big History. *Globalistics and Globalization Studies: Big History & Global History* / Ed. by L. E. Grinin, I. V. Ilyn, P. Herrmann, A. V. Korotayev, pp. 319–343. Volgograd: Uchitel.
- Miller K. G., Kominz M. A., Browning J. V., Wright J. D., Mountain G. S., Katz M. E., Sugarman P. J., Cramer B. S., Christie-Blick N., Pekar S. F. 2005.** The Phanerozoic Record of Global Sea-Level Change. *Science* 310: 1293–1298.
- Reed R. 2015.** If Earth Never had Life, Continents would be Smaller. *Science News*. URL: <http://news.sciencemag.org/earth/2015/04/if-earth-never-had-life-continents-would-be-smaller>.
- Ronov A. B. 1994.** Phanerozoic Transgressions and Regressions on the Continents; a Quantitative Approach Based on Areas Flooded by the Sea and Areas of Marine and Continental Deposition. *American Journal of Science* 294(7): 777–801.
- Rothman D. H., Fournier G. P., French K. L., Alm E. J., Boyle E. A., Cao C., Summons R. E. 2014.** Methanogenic Burst in the End-Permian Carbon Cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. URL: <http://www.pnas.org/content/early/2014/03/26/1318106111.short>.
- Shen S.-Z., Crowley J. L., Wang Y., Bowring S.A., Erwin D. H., Sadler P. M., Cao C.-q., Rothman D. H., Henderson C. M., Ramezani J., Zhang P., Shen Y., Wang X.-d., Wang W., Mu L., Li W.-z., Tang Y.-g., Liu X.-l., Liu L.-j., Zeng Y., Jiang Y.-f., Jin Y.-g. 2011.** Calibrating the End-Permian Mass Extinction. *Science* 334(6061): 1367–1372.
- Sloss L. L. 1963.** Sequences in the Cratonic Interior of North America. *Geological Society of America Bulletin* 74(2): 93–114.
- Slezak M. 2013.** Early Life Built Earth's Continents. *New Scientist News* 2944. URL: <http://www.newscientist.com/article/mg22029443.100-early-life-built-earths-continents.html#Uqk4>.
- Verpoorter C., Kutser T., Seekell D. A., Tranvik L. J. 2014.** A Global Inventory of Lakes Based on High - Resolution Satellite Imagery. *Geophysical Research Letters* 41(18): 1–7.
- Ward P. D. 2006.** Impact from Deep. *Scientific America* October: 65–71. URL: <http://burro.case.edu/Academics/USNA229/impactfromthedeep.pdf>.